

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа энергетики
 Направление подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»
 Отделение электроэнергетики и электротехники

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Количественная оценка энергоэффективности систем уличного освещения

УДК 628.971.6-027.236:625.712:621.317.318

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM74	Краснятова Дарья Дмитриевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Коржнева Т.Г.	к.т.н		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Латышева Е.В.	к.ф.н		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Куликова О.А.	к.т.н		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель профиля	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Ушаков В.Я.	д.т.н		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

по основной образовательной программе подготовки магистров

13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Универсальные компетенции</i>		
P1	<i>Совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень, добиваться нравственного и физического совершенствования своей личности, обучению новым методам исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности.</i>	Требования ФГОС (ОК-1, ОК-2), Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P2	<i>Свободно пользоваться русским и иностранным языками как средством делового общения, способностью к активной социальной мобильности.</i>	Требования ФГОС (ОК-3), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P3	<i>Использовать на практике навыки и умения в организации научно-исследовательских и производственных работ, в управлении коллективом, использовать знания правовых и этических норм при оценке последствий своей профессиональной деятельности.</i>	Требования ФГОС (ОК-4, ОК-5, ОК-6, ОК-7, ПК-31), Критерий 5 АИОР (п. 2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P4	<i>Использовать представление о методологических основах научного познания и творчества, роли научной информации в развитии науки, готовностью вести работу с привлечением современных информационных технологий, синтезировать и критически резюмировать информацию.</i>	Требования ФГОС (ОК-8, ОК-9, ПК-14, ПК-19), Критерий 5 АИОР (п. 1.6, 2.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P5	<i>Применять углубленные естественнонаучные, математические, социально-экономические и профессиональные знания в междисциплинарном контексте в инновационной инженерной деятельности в области электроэнергетики и электротехники.</i>	Требования ФГОС (ПК-1, 2, 36), Критерий 5 АИОР (п.1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> .

P6	Ставить и <i>решать инновационные задачи</i> инженерного анализа в области электроэнергетики и электротехники с использованием глубоких фундаментальных и специальных знаний, аналитических методов и сложных моделей в условиях неопределенности.	Требования ФГОС (ПК-5, 6, 7,9). Критерий 5 АИОР, согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> .
P7	Выполнять <i>инженерные проекты</i> с применением оригинальных методов проектирования для достижения новых результатов, обеспечивающих конкурентные преимущества электроэнергетического и электротехнического производства в условиях жестких экономических и экологических ограничений.	Требования ФГОС (ПК-10, 11, 12, 13). Критерий 5 АИОР, согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> .
P8	Проводить инновационные <i>инженерные исследования</i> в области электроэнергетики и электротехники, включая критический анализ данных из мировых информационных ресурсов.	Требования ФГОС (ПК-14, 36, 39 – 44). Критерий 5 АИОР, согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> .
P9	Проводить <i>техничко-экономическое обоснование</i> проектных решений; выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда; определять и обеспечивать эффективные режимы технологического процесса.	Требования ФГОС (ПК-19, ПК-23, ПК-27, ПК-30, ПК-31, ПК-32), Критерий 5 АИОР (п. 1.5, 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P10	Проводить <i>монтажные, регулировочные, испытательные, наладочные</i> работы электроэнергетического и электротехнического оборудования.	Требования ФГОС (ПК-45, ПК-46), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P11	<i>Осваивать новое электроэнергетическое и электротехническое оборудование; проверять техническое состояние и остаточный ресурс оборудования и организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт.</i>	Требования ФГОС (ПК-15, ПК-47, ПК-48, ПК-49, ПК-50), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P12	Разрабатывать рабочую <i>проектную и научно-техническую документацию</i> в соответствии со стандартами, техническими условиями и другими нормативными документами; организовывать метрологическое обеспечение электроэнергетического и электротехнического оборудования; составлять <i>оперативную документацию</i> , предусмотренную правилами технической эксплуатации оборудования и организации работы.	Требования ФГОС (ПК-28, ПК-33, ПК-40, ПК-41, ПК-44), Критерий 5 АИОР (п. 1.3, 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа энергетики
Направление подготовки (специальность) 13.04.02 Электроэнергетика электротехника
Отделение школы (НОЦ) Энергосбережение и энергоэффективность

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
5AM74	Краснятовой Дарье Дмитриевны

Тема работы:

Количественная оценка энергоэффективности систем уличного освещения.	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	26.12.2018 №11131/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2019
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p><i>Объект исследования: установка наружного освещения по ул. Усова, ул. Вершинина, ул. Студенческая в г. Томске.</i></p>
---	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов (аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</p>	<p><i>Аналитический обзор литературных источников с целью анализа проблем обеспечения комфортного и энергоэффективного наружного освещения, потенциала энергосбережения в системах уличного освещения и способа его реализации. Задача исследования: проведение энергообследования уличной установки с целью выявления потенциала экономии ЭЭ в системах наружного освещения; выбор наиболее подходящего способа повышения энергоустановки уличного освещения; проект реконструкции уличного освещения по ул. Усова, ул. Вершинина, ул. Студенческая в г. Томске.</i></p>
<p>Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)</p>	<p><i>Сеть уличного освещения по ул. Усова, ул. Вершинина, ул. Студенческая в г. Томске.</i></p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)</p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Ресурсоэффективность и финансовый менеджмент</p>	<p>Латышева Е.В., к.ф.н., доцент</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Куликова О.А., к.т.н., доцент</p>
<p>Energy Efficient Street Lighting</p>	<p>Даминова Е.С., к.п.н., доцент</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p>Реферативно представлены все разделы</p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>01.12.2018</p>
--	-------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p>Доцент</p>	<p>Коржнева Т.Г.</p>	<p>К.Т.Н</p>		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p>5AM74</p>	<p>Краснятова Дарья Дмитриевна</p>		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
5AM74	Краснятовой Дарьи Дмитриевны

Школа	ИШЭ	Отделение школы (НОЦ)	Электрические сети и электротехника
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Энергосбережение и энергоэффективность

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость материальных ресурсов определялась по средней стоимости по г. Томск. Оклады в соответствии с окладами сотрудников «НИ ТПУ». Тарифная ставка на электроэнергию
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Дополнительная заработная плата 13%; Районный коэффициент 1.3. Тариф на ЭЭ: 3,04руб./кВтч
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Общая система налогообложения (в том числе 27,1% отчисления во внебюджетные фонды по хоздоговорам)

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT – анализа проекта.
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Формирование плана и графика разработки научного исследования: определение контрольных событий проекта; разработка графика Ганта. Формирование бюджета НИ: материальные затраты; заработная плата (основная и дополнительная); отчисления на социальные нужды; накладные расходы.
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	-Определение ресурсной (ресурсосберегающей) эффективности проекта - Расчет экономической эффективности проект

Перечень графического материала(с точным указанием обязательных чертежей):

Сегментирование рынка; оценка конкурентоспособности технических решений; матрица SWOT; график проведения и бюджет НИ; оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Латышева Е.В.	к.ф.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM74	Краснятова Дарья Дмитриевна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5AM74	Краснятвой Дарьи Дмитриевны

Школа	ИШЭ	Отделение (НОЦ)	Электрические сети и электротехника
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Энергосбережение и энергоэффективность

Тема ВКР:

Количественная оценка энергоэффективности систем уличного освещения.

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Модернизация осветительной установки уличного освещения
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: 1.1. Специальные правовые нормы трудового законодательства - специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; - организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	Система стандартов безопасности труда (ССБТ); Федеральный закон «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний» от 24.07.1998 (ред. от 07.03.2018) № 125; Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.97 № 116; Федеральный закон «О пожарной безопасности» от 21.12.1994 №69
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Недостаточный уровень освещенности; Отклонение микроклимата; Производственный шум; Уровень электромагнитного излучения
3. Экологическая безопасность:	Анализ воздействия объекта ВКР на окружающую среду; Разработка решений по обеспечению экологической безопасности.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	– Выбор и описание возможных ЧС, типичная ЧС – пожар

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Куликова Ольга Александровна	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM74	Краснятова Дарья Дмитриевна		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа энергетики
Направление подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»
Уровень образования магистратура
Отделение электроэнергетики и электротехники
Период выполнения _____ (осенний / весенний семестр 2018 /2019 учебного года)

Форма представления работы:

магистерская диссертация

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
1.12.2017	Глава 1. Анализ проблем обеспечения комфортного и энергоэффективного уличного освещения	15 баллов
1.04.2018	Глава 2. Потенциал энергосбережения в системах уличного освещения и способы его реализации	15 баллов
24.11.2018	Глава 3. Техничко – экономическая и энергетическая оценка наружных установок искусственного освещения улиц города Томска.	30 баллов
15.03.2019	Глава 4. Проект реконструкции установки уличного освещения по ул. Усова, ул. Вершинина и ул. Советская г. Томск.	40 баллов

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Коржнева Т.Г.	к.т.н., доцент		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель профиля	Ушаков В.Я.	д.т.н., профессор		

Реферат

Выпускная квалификационная работа объемом 132 страниц, 31 рисунок, 33 таблицы, 31 источников, 3 приложения.

Ключевые слова: энергоэффективность, наружное освещение, энергетическое обследование, системы управления.

Объектом исследования является установка уличного освещения по ул. Усова, ул. Вершинина, ул. Студенческая в г. Томске.

Цель работы: реконструкция установки уличного освещения по ул. Усова, ул. Вершинина и ул. Студенческая в г. Томске.

В процессе исследования проводился анализ безопасного, комфортного и энергоэффективного уличного освещения, оценивался потенциал энергосбережения в системах уличного освещения.

В результате исследования проведено энергетическое обследование осветительной установки уличного освещения по ул. Усова, ул. Вершинина и ул. Студенческой в г. Томске, в результате которого был выбран мероприятие по повышению энергоэффективности данной установки и проведена реконструкция уличного освещения.

Методологическая основа. Работа основана на трудах ученых – светотехников в области развития энергоэффективного освещения.

Область применения: наружное освещение г. Томска.

Экономическая эффективность и значимость работы: усовершенствование установки уличного освещения приведет к уменьшению потребления электроэнергии данной установкой, а также в связи с уменьшением потребляемой мощности приведет к росту экономического эффекта и повышению уровня безопасности на проезжей части улицы.

Список сокращений

АСУНО – автоматизированная система управления наружным освещением;

ВВП – валовый внутренний продукт;

ДНаТ – дуговая натриевая трубчатая;

ДРЛ – дуговая ртутная люминесцентная;

ИП – исполнительный пункт;

КПД – коэффициент полезного действия;

КСС – кривая силы света;

НО – наружное освещение;

ПП – пункт питания;

ПРА – пускорегулирующий аппарат;

УНО – установка наружного освещения;

ЭПРА – электронный пускорегулирующий аппарат;

ЭЭ – электрическая энергия;

LED – light-emittingdiod (светодиод).

Содержание

Введение	13
Глава 1 Анализ проблем обеспечения комфортного и энергоэффективного уличного освещения.....	16
1.1 Наружное освещение — доля в структуре энергозатрат	16
1.2 Правовые нормы энергосбережения	19
Глава 2 Потенциал энергосбережения в системах уличного освещения и способы его реализации.....	25
2.1 Способы повышения энергоэффективности системы уличного освещения.	25
2.2 Виды световых приборов, применяемые для уличного освещения.....	30
2.3 Требования основных пользователей к наружному искусственному освещению улиц	33
Глава 3 Техико – экономическая и энергетическая оценка наружных установок искусственного освещения улиц города Томска.	38
3.1 Энергоаудит — инструмент энергосбережения.....	38
3.2 Нормирование параметров установок наружного освещения.....	38
3.3 Инструментальное обследование объекта исследования.....	41
Глава 4 Проект реконструкции установки уличного освещения по ул. Усова, ул. Вершинина и ул. Советская г. Томск.	51
4.1 Мероприятия по энергосбережению в освещении ул. Усова, ул. Вершинина, ул. Студенческая г. Томск.	51
4.2 Расчет в программном комплексе DIALux	52
4.3 Системы управления уличным освещением	58
4.3.1 Пример объекта на базе ME6 CitySense.....	61
Глава 5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	64
5.1 Предпроектный анализ	64
5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	64
5.1.2 Анализ конкурентных технических решений	66
5.1.3 SWOT-анализ.....	69
5.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации.....	71
5.1.5. Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования.....	72

5.2. Инициация проекта	73
5.2.1 Цели и результат НТИ	73
5.2.2. Организационная структура проекта	74
5.2.3. Ограничения и допущения проекта.....	75
5.3 Планирование научно-технического проекта	75
5.3.1 Иерархическая структура работ.....	75
5.3.2 Контрольные события проекта	76
5.3.3 План проекта.....	76
5.4. Бюджет научного исследования	80
5.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности проектов	85
5.5.2 Расчеты энергоэффективности вариантов модернизации уличного	86
5.5.3 Расчет окупаемости замены светильников СКР и ЖКУ на светодиодные светильники	89
5.6 Оценка эффективности исследования.....	91
5.6.1 Расчет эффективности замены ДРЛ и ДНаТ на LED	94
Глава 6 Социальная ответственность.....	97
6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения	97
6.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	99
6.2. Производственная безопасность.....	100
6.2.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования.....	100
6.2 Обоснование мероприятий по защите персонала предприятия от действия опасных и вредных факторов	102
6.3 Экологическая безопасность.....	109
6.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду	109
Заключение.....	114
Список литературы	116
Приложение А.....	119
Приложение Б	131
Приложение В.....	133

Введение

Актуальность работы:

Проблема энергосбережения является одной из самых главных во всех развитых странах. Что касается уличного наружного освещения, то данная сфера является серьезной статьёй расходов муниципального образования.

Наружное освещение – это один из основных показателей качества современной городской экосистемы. Решения в области освещения городской среды должны быть эффективными и надёжными, учитывать специфику расположения объектов и сложившуюся инфраструктуру, а главное обеспечивать безопасность и комфорт для жителей города.

К 2020 году, по оценкам экспертов, население планеты будет равно 7,7 миллиардам. Это фундаментальный стимул роста потребности в освещении, как уличного, так и в других отраслях. Основной прирост населения, примерно 78 %, приходится на страны азиатско-тихоокеанского региона и в период с 2011 по 2020 года составит 800 миллионов человек. Таким образом, расстановка сил в сфере энергосбережения в освещении будет определяться еще и географическим фактором.

Согласно результатам исследования Международного энергетического агентства, 19 % всей потребляемой в мире электроэнергии тратится на освещение. В этом контексте представляется весьма актуальным использование современных световых технологий, которые дают возможность сэкономить до 40 % (24 млрд кВт·ч в год) потребляемой электроэнергии, что в мировом масштабе равносильно 106 млрд евро в год.

Что касается экологического аспекта, то это соответствует следующим показателям: выброс углекислого газа в атмосферу уменьшится на 555 млн т в год. Ежегодной экономии 2 ТВт электроэнергии и 1,5 млрд баррелей нефти. [1]

Исходя из того факта, что в Российской Федерации на затраты освещения затрачивается около 12 – 14 % всей вырабатываемой электроэнергии, вопрос сбережения электроэнергии в ОУ имеет первостепенное значение. [2]

Многочисленные исследования подтверждают высокие показатели потребляемой электроэнергии ОУ в различных бюджетных учреждениях: от 10 до 70 %. Решение этой проблемы можно осуществить тремя путями:

1. Разработка и выпуск высокоэффективных источников света (в первую очередь светодиодных);
2. Ужесточение требований к заявленным параметрам светодиодных источников света;
3. Внедрение в практику наружного освещения автоматизированной системы управления наружным освещением (АСУНО).

Внедрение энергосберегающих мероприятий, повышающих энергоэффективность освещения на 15 – 20 % окупаются за 2 – 2,5 года. [3]

В связи с этим, Постановлением Правительства от 03.11.2018 г. №1312 установлены новые, повышенные требования к наружному освещению, с целью ускорения внедрения новых высокоэффективных источников света в наружном освещении, уменьшения энергозатрат на освещение и уменьшения негативного воздействия на окружающую среду. В частности, с 01.01.2020 г. все ОУ должны иметь функцию плавного регулирования светового потока; ОУ со световым потоком более 5000 Лм должны иметь вторичную оптику; пусковой ток ОУ не должен превышать значение пятикратной величины рабочего тока.

Кроме того, с целью ускорения выпуска высокоэффективного светодиодного оборудования производители ламп устаревших технологий обязаны платить в бюджет экологический сбор (9956 руб. за 1 тонну). Светодиодные светильники и лампы этим сбором не облагаются. [4]

Цель работы: повышение энергоэффективности установки уличного освещения по ул. Студенческой, ул. Вершинина, ул. Усова в г. Томске.

Задачи исследования:

1. Анализировать и оценить функционирование сетей наружного освещения;
2. Изучить основные подходы к управлению работой наружного освещения с использованием современных средств, повышающие качество городского освещения и его энергетическую эффективность
3. Проведение энергетического обследования ОУ по данным улицам в г. Томске
4. Проведение реконструкции УО по рассматриваемым улицам г. Томска.
5. Определение экономической эффективности предложенных мероприятий.

Объект исследования: ОУ наружного освещения по ул. Усова, Вершинина, Студенческая г. Томск.

Предмет исследования: способы повышения энергоэффективности установок УО.

Глава 1 Анализ проблем обеспечения комфортного и энергоэффективного уличного освещения.

1.1 Наружное освещение — доля в структуре энергозатрат

В настоящее время экономия электрической энергии в осветительных установках имеет принципиальное значение, в связи с тем, что в России на нужды освещения расходуется около тринадцати процентов всей вырабатываемой электрической энергии. Доля освещения в составе зимнего вечернего времени значительно выше, потому особенное внимание нужно направить на внешнее освещение и световую рекламу, в связи с тем, что в данное время их использование максимально. Чаще всего, почти сто процентов осветительных приборов включены, в отличие от ламп, которыми освещаются помещения. Коэффициент использования этих ламп существенно ниже. [5]

Современное наружное освещение содержит в себя освещение: дорог за чертой населенного пункта, проезжей части улиц и прилегающих к ним пешеходных дорожек, площадей, парков и скверов, дворов и прилегающих к ним пешеходных дорожек, которые находятся во дворах детских и спортивных площадок. Так же к наружному освещению относят архитектурно – художественное освещение фасадов зданий.

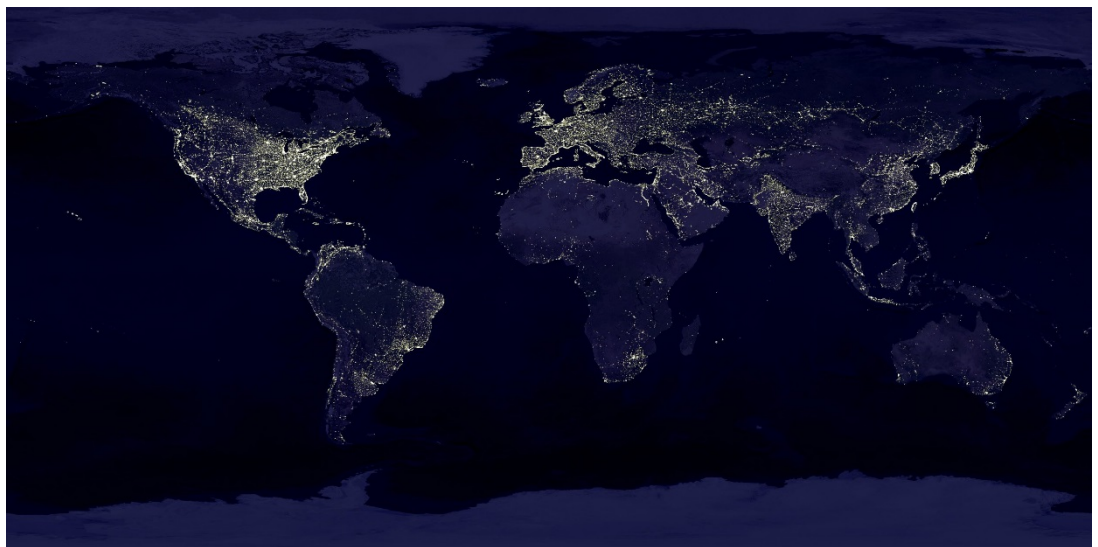


Рисунок 1.1 – Карта освещенности земли.

На рисунке 1.1 представлена карта освещенности земли, на которой можно увидеть светоэнергетический уровень разных стран. Эта характеристика измеряется количеством мегалюмен – часов (Млм-час), потребляемых осветительными установками за год на одного жителя. По данным экспертов, общий световой поток на одного жителя США составляет 125 мегалюмен – часов (Млм-час), а в России – только около 40 Млм-час. При этом мы тратим на производство 1 Млм-час примерно в 1,5 раза больше энергии, чем американцы.

Как известно, развивающаяся экономика страны требует все больше энергии, таким образом делаем вывод, что чем выше увеличение валового внутреннего продукта, тем ярче освещенность государства. Что ускользнуло от официальной статистики, тому не укрыться от обыденного электросчетчика. В 2006 году Кристофер Элвидж из Национального управления по изучению океана и атмосферы США внес предложение использовать для таких подсчетов ночные снимки со спутников. В базе способа все тот же учет употребления электрической энергии. Разница в том, собственно, что оно регистрируется прямо с орбиты. Компьютерная программа подвергает анализу ночные снимки территории страны и подсчитывает степень освещенности.

С помощью данной программы получилось выявить самый освещенный город в мире. Им стал Лас-Вегас. С наступлением темноты над городом, площадь которого 80 квадратных миль, каждый вечер зажигаются 24 тыс. неоновых электрических линий. Второе место по степени освещенности занимает Нью-Йорк, затем Париж, Токио и Мехико. Москва в свою очередь не так уж и сильно уступает крупным мегаполисом мира.

Полученные спутниковые данные показали, что с 2012 г. по 2016 г. освещение территории нашей планеты в ночное время ежегодно растет на 2,2%. Яркость уже хорошо освещенных участков продолжает увеличиваться с каждым годом. В ряде стран, где ведутся военные действия, например, в Сирии и Йемене, уровень освещенности снизился. Почти не менялся уровень освещенности в странах, считавшимися одними из самых ярко освещенных. Основной рост

происходит за счет стран Южной Америки, Африки и Азии. Россия также относится к последней группе стран.

Измерение яркости уличного освещения нельзя отнести к достаточно стабильным и достоверным данным. Так, например, в Великобритании резкий рост уровня освещенности наблюдался только в 2014 г. В таких странах, как Австралия, в указанный период времени было много лесных пожаров, которые на спутниковых снимках можно принять за увеличение яркости территории.

Журнал Science Advances опубликовал исследование о световом загрязнении, в котором была описана зависимость показателя светового излучения от ВВП. Было замечено, что уровень освещенности, как и показатель ВВП, был больше в бедных, нежели в экономически развитых странах. В среднеразвитых странах общий уровень яркости освещения вырос на 15% с 2012 г. по 2016 г., что близко к росту их ВВП (13%) за этот же период. [6] Здесь можно говорить о возникновении эффекта отдачи или феномена рикошета на глобальном уровне, когда снижение стоимости освещения ведет к увеличению объемов его потребления. Тем не менее, не рекомендуется устанавливать прямую связь между ростом ВВП и уровнем освещенности, поскольку исследование носит кратковременный характер, а для установления подобной взаимосвязи нужно анализировать данные за более длительный период времени (минимум за 20 лет).

Во многих крупных городах освещенность в центре снизилась, зато увеличилась на периферии, что связано с заменой старых ламп на светодиодные, возможным расширением территориальных границ крупных городов и улучшением благосостояния жителей удаленных районов.

Рост цен на электрическую энергию вызывает быстрое увеличение энергопотребления. В свою очередь высокие цены способствуют принятию энергоэффективных решений. В России прослеживается постоянный спрос тарифов на электрическую энергию. В среднем увеличение цен происходит на 5 – 15% ежегодно.

В соответствии с прогнозами МинЭкономразвития, при сохранении предыдущего технологического уровня к 2020 году полное количество электрической энергии, расходуемого на освещение в России, составит примерно 157,8 млрд.кВт·ч. [7]

Если не предпринимать никаких действий, то увеличение спроса на электроэнергию для освещения будет в будущем быстро увеличиваться. Недостаток энергии может стать немаловажным фактором ограничения экономического роста страны.

Удовлетворить непрерывно возрастающий спрос на электрическую энергию можно двумя способами: с помощью увеличения добычи полезных ископаемых (нефть, уголь, газ и т.д), строить новые объекты электрогенерации, или сосредоточиться на увеличении продуктивности использования топливно-энергетических ресурсов, энергоснабжении, разработки и внедрения ресурсосберегающих технологий. Природные ресурсы ограничены, значит первый способ неразумен, а второй – более эффективный.

1.2 Правовые нормы энергосбережения

Энергосбережение — начальный уровень структурной перестройки всех отраслей хозяйства страны. Для создания условий, определяющих интерес к энергосбережению всех участников процесса «добыча – потребление – утилизация» разработана нормативно – законодательная база.

Нормативно – законодательная база включает в себя официально изданные документы, которые применяются в данной отрасли и придает словам юридическое значение.

Проектирование наружного освещения так же основывается на нормативно – правовой базе энергоэффективного освещения. Основные задачи энергосбережения описаны в Федеральном законе РФ № 261 ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности», который подразумевает реализацию законодательных, организационных, научных,

промышленных, технических и финансовых мер, которые были направлены на действенное внедрение энергетических ресурсов и вовлечение в хозяйственный оборот возобновляемых источников энергии. [8]

Кодекс об административных правонарушениях, Уголовный кодекс, Федеральный Закон "Об электроэнергетике", постановление Правительства и указы президента в области проектирования наружного освещения так же регламентируют порядок осуществления комфортного и правильного использования осветительных установок

В Томской области утверждена длительная мотивированная программа «энергосбережение и увеличение энергетической эффективности» на территории томской области на 2010-2012 гг. и на перспективу до 2020 г.». Целью данной программы является создание организационных, правовых, технических и экономических условий для повышения энергоэффективности экономики Томской области, в том числе и в сфере наружного освещения.

Уличное освещение городов, поселков и сел выполняется согласно требованиям следующих регламентов:

- СН 541-82 Инструкция по проектированию наружного освещения городов, поселков и сельских населенных пунктов;
- СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение;
- Правил устройства электроустановок (ПУЭ);
- других документов.

Перечень объектов, которые надлежит освещать, устанавливается городским исполнительным комитетом и главным архитектором, а в поселках и селах – районным исполкомом и архитектором.

В ходе проектирования и установки наружного освещения необходимо обеспечить [9]:

- приведенные величины качественных и количественных характеристик осветительных установок;
- надежность работы приборов освещения;
- безопасность населения и мастеров по сервису;

- экономный расход электроэнергии;
- удобное обслуживание и управление устройствами.

Материалы осветительных установках должны подбираться согласно требованиям стандартов, напряжению в сети, установленным техническим условиям и состоянию окружающей среды.

Внешнее освещение объектов города и световую рекламу следует проектировать в едином комплексе с освещением улиц, площадей и дорог. Чтобы в населенном пункте в вечернее время суток формировался четкий и красивый архитектурно-художественный вид, оснащению осветительными приборами подлежат такие объекты [10]:

- здания, сооружения, фонтаны и крупные клумбы на центральных площадях и улицах, набережных и в других местах отдыха с массовым скоплением людей;
- памятники, музеи, театры и остальные объекты, несущие в себе национальные, художественные, исторические и культурные ценности города;
- крупные объекты, обрамленные рекламой.

В проекте зданий и сооружений предусматривают закладные элементы, ниши и т. д., используемые для монтажа электроконструкций, осветительных приборов и кабелей.

Выбор опор и типа световых устройств осуществляется с учетом архитектурно-планировочных свойств освещаемого участка и его восприятия днем и вечером.

Осветительные установки выполняются стационарными с автоматическим включением по разным программам.

Разработка проекта дорог и проезжей части улиц представляет собой масштабную и длительную работу и выполняется за несколько этапов [11]:

1. Исследование улицы или дороги. На этом этапе фиксируются такие детали:
 - пешеходные переходы;
 - тип дорожного покрытия;

- пересечения с другими улицами;
- остановочные пункты;
- места проезжей части, где могут оказаться люди.

2. Установление категории дороги или улицы. Разделение на группы осуществляется в зависимости от назначения, транспортных параметров, скорости перемещения транспорта и числа полос движения дороги (улицы). Выделяют такие категории:

- А1...А4 – магистрали общегородского значения;
- Б1, Б2 – районные дороги;
- В1...В3 – местная проезжая часть.

3. Выбор освещенности. К каждому типу дороги прикреплена нормируемая яркость дорожного покрытия и степень освещенности. Определяют нужную величину при помощи таблиц 15, 16, 17, 18 СП 52.13330.2016, п. 5.71 СП 98.13330.2018 и п.7.41 СП 52.13330.2016.

Для прямых прямоугольных дорог без поворотов и кривых участков документально установлена средняя яркость дорожного покрытия, а для нестандартных по форме магистралей – освещенность. Измерение первого параметра выполняется по ГОСТ 26824-2010, второго – ГОСТ Р 24940-2016.

4. Выбор схемы расположения приборов освещения. Размещение светильников наружного освещения осуществляется на одном этапе с расчетом освещенности. Устройства монтируют на специальных опорах освещения, опорах сети городского электротранспорта, столбах линий электропередачи или подвешивают на тросах.

5. Расчет яркости и освещенности. Параметры уличного освещения рассчитываются посредством компьютерных программ. Коэффициент запаса принимают от 1,5 до 1,7.

При расчете учитывается, что в определенных местах следует организовать повышенный уровень освещенности:

- на местных улицах, прилегающих к скоростным трассам и магистралям;

- на пешеходных переходах, пересечениях улиц и съездах с дороги;
- в районе ж/д переездов, на остановочных пунктах.

6. Подключение осветительных устройств. Подключают приборы равномерно к трем фазам сети.

Для внешнего освещения используют специальные светильники, которые соответствуют требованиям ГОСТ Р МЭК 60598-1-2011, ГОСТ Р МЭК 60598-2-3-99.

Фонари, лампы и другие осветительные приборы стали привычным делом. Мы привыкли, что улицы, дороги и парки освещены, но редко обращаем внимание на то, что уровень освещенности, расположение и тип устройств отличаются в зависимости от места их применения.

Глава 2 Потенциал энергосбережения в системах уличного освещения и способы его реализации.

2.1 Способы повышения энергоэффективности системы уличного освещения.

Расход электроэнергии на освещение парков, скверов, набережных, дворовых участков, декоративное и рекламное освещения принимается в размере 20 – 30% от расхода электроэнергии на освещение улиц и площадей. Коммерческие и промышленные здания потребляют более 50% электроэнергии, расходуемые системами искусственного освещения. Сокращению потребления электроэнергии способствует установка и использование автоматизированных систем управления. В частности, уличное освещение является одним из целевых секторов для внедрения интеллектуальных энергосберегающих технологий – на него приходится до 40% городских бюджетов на электроэнергию, а smart-технологии могут сэкономить до 30% этих расходов. Кроме того, фиксируется высокая доля изношенных электросетей, что обуславливает высокую долю потерь электроэнергии (от 5,9% в Белгородской области до 16,5% во Владимирской области).

По данным Минэнерго, доля распределительных сетей, выработавших свой нормативный срок, составляет 50%, уже два нормативных срока выработало 7% сетей. Общий износ распределительных сетей достигает 70%. В сфере уличного освещения доля старого оборудования (светильники, опоры, кабеля) составляет более 60%. [5]

По состоянию на 2012 год на рынке существовал спрос на энергосберегающие лампы в объеме 10 млн светоточек, из них 80% приходилось на уличное освещение, 20% – на дорожное освещение. В рамках федеральной программы «Энергосбережение» на региональном уровне многие муниципалитеты реализуют свои программы по снижению энергопотребления, в том числе, по модернизации установок наружного освещения. С этой целью в

региональных муниципалитетах организуются тендеры на модернизацию наружного освещения.

На нужды освещения в городском хозяйстве может расходоваться значительная часть всей потребляемой электроэнергии, поэтому и тут экономия электрической энергии в наружном освещении содержит весомый смысл. Особенное внимание нужно направить на уличное освещение и световую рекламу, в связи с тем, собственно, что показатель их применение, как правило, выше, чем внедрение ламп освещения внутри помещений.

Актуальность событий в области энергоснабжения и увеличения энергетической эффективности рассмотрена в Федеральном законе «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности» от 27 ноября 2009 года.

Существенная доля всей потребляемой электрической энергии в городском хозяйстве тратится на нужды освещенности. И здесь экономия электрической энергии в осветительных установках содержит принципиальное значение. Показатель применения уличного освещения и световой рекламы выше, чем показатель внедрения ламп освещения внутри помещений.

1. Исходя из факторов, изложенных выше, для наружного освещения, подсветки архитектурных сооружений и световой рекламы следует использовать источники света с минимальным потреблением энергии. На сегодняшний день с этой задачей могут справиться новые модели светодиодного освещения, поскольку они обладают лучшей световой отдачей.

До настоящего времени одним из существенных препятствий на пути массового внедрения светодиодов в освещении была их высокая стоимость по сравнению с традиционными источниками света. Однако, постепенное удешевление и повышение технических характеристик светодиодных изделий, а также насущная необходимость снижения энергопотребления, позволяют уже сегодня применять эти энергосберегающие технологии.

2. Значительную экономию электроэнергии дает введение так называемого режима «ночной фазы». При работе такой системы управления

предусматривается два режима работы линий освещения — вечерний и ночной. При вечернем режиме включены все светильники, а при ночном, когда интенсивность дорожного движения существенно снижается — часть ($1/3$ или $2/3$) светильников отключаются за счет отключения одной или двух фаз в каждой из отходящих от шкафа управления линий освещения. Но такой способ экономии имеет значительный недостаток — он приводит к повышению контрастности освещения и, как следствие, к зрительному утомлению и снижению безопасности движения [12]

3. Одно из направлений в области энергосбережения — использование специальных регуляторов – стабилизаторов для питания наружного освещения. Помимо регулирования это устройство позволяет выровнять напряжение питания, создать оптимальный режим для работы ламп и продлить их долговечность. По команде из диспетчерской, по радиотелефонной связи либо по сигналу датчика освещенности происходит регулирование, или же можно запрограммировать устройство по астрономическому графику.

4. Реальным способом экономии также является четкое соблюдение графика освещения, утвержденного в администрации населенного пункта. Такую задачу решает ввод автоматизированной системы управления (АСУ) наружным освещением. Пункты питания уличного освещения без системы АСУ включаются и выключаются на данный момент с большими разбросами по времени.

Главные требования, которые должны ставиться к современной системе управления:

- возможность самостоятельного управления каждой лампой без корректировки работы всей линии;
- выдачу информации об изменении состояния светоточки на диспетчерский пункт;
- снижение энергопотребления до максимума и продление срока работы лампы;
- снижение эксплуатационных расходов по замене ламп;

- комфортное освещение.

5. Для увеличения КПД ПРА используют более эффективные ПРА – ЭПРА. Преимуществами ЭПРА являются большой срок службы лампы за счет более мягкого запуска лампы, исключение мигания ламп, обеспечение бесперебойной работы ламп, если происходят колебания напряжения, снижение нагрузки на сеть и т.д.

6. Важной составляющей качества электроснабжения осветительных систем является качество электроэнергии в тех местах, где светового прибор подключается к сети. Контроль за качеством напряжения и, прежде всего, за соответствием наибольших отклонений и их продолжительности действующим нормативам является одной из важных задач эксплуатационных организаций. В результате измерений отклонений напряжения были получены результаты, которые позволили аргументировано проводить операции по повышению качества напряжения. Также на основе этих данных можно объективно оценить, насколько возможно и целесообразно его регулирование. Дать правильную оценку условиям работы осветительного оборудования можно по качеству напряжения в осветительной сети. [13]

Питающее напряжение обуславливает электрические, световые и экономические характеристики ламп. Таким образом, при понижении напряжения световой поток ослабевает. Это влияет как на световую отдачу, так и на освещенность дорожного покрытия. Важно отметить, что при этом средний срок эксплуатации источника света увеличится.

Следовательно, при повышении напряжения возрастёт мощность источника света, светового потока, световой отдачи. В то время как средняя долговечность источника света уменьшится. [14]

7. Рациональное обслуживание осветительных установок является одним из важных факторов обеспечения энергосбережения в уличном освещении. К обслуживанию осветительных установок относится [3]:

- контроль исправности и соответствия состояния осветительных установок заданному режиму;

- осуществление контроля уровней освещенности на соответствие нормам;
- поиск отказавших элементов и выполнение работ по ликвидации отказов.

Отказавшие в работе или резко снизившие световой поток лампы, приводят к несимметрии нагрузок в трехфазной осветительной сети даже при нормальной ее эксплуатации. В нулевом проводе появляются значительный уравнивающие токи, вследствие чего увеличиваются потери энергии. Поэтому замена ламп должна производиться регулярно. [1]

Спад светового потока в обслуживаемой и необслуживаемой осветительной установке показан на рисунке 2.1.

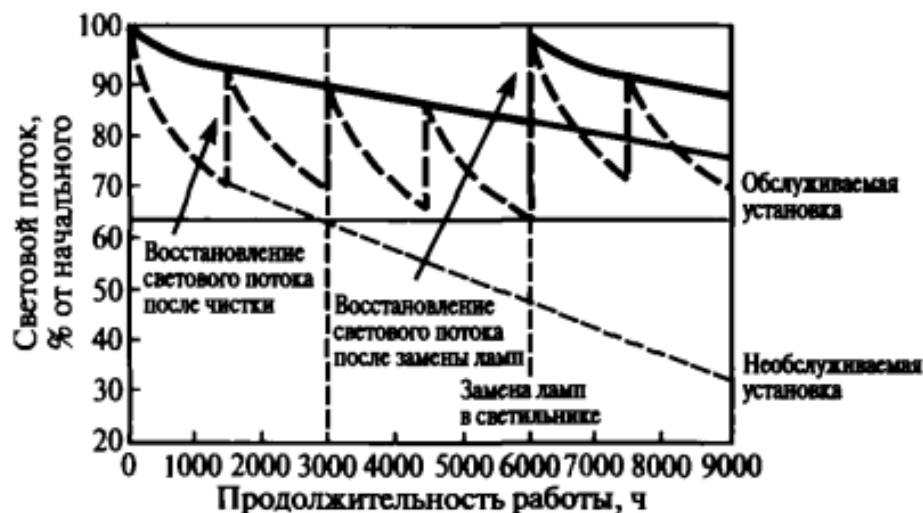


Рисунок 2.1 — Состояние осветительных установок в процессе работы

Осветительные установки эксплуатируются в сложных условиях под действием внешних возмущающих факторов окружающей среды. Воздействие влажности, грязного воздуха, перепадов температуры и т. д. приводит к тому, что в процессе использования осветительных приборов неизбежно понижение светового потока, который падает на освещаемую поверхность. В этих условиях ухудшаются показатели качества продукции осветительных установок.

8. Вопрос о замене голых проводов на самонесущие изолированные провода системы (СИП) актуален в настоящее время. Потери при передаче электрической энергии в линии с неизолированными проводами с учетом износа

достигают тридцати процентов. СИП значительно увеличивают бесперебойность электроснабжения потребителя. Применение СИП позволяет увеличить срок службы линий электропередач, уменьшить издержки на эксплуатацию и ремонт, уменьшить потери электрической энергии при передаче на большие расстояния благодаря положительным свойствам изоляции и механической прочности проводов.

9. Неоспорим тот факт, что качество светотехнической товаров - один из главных критериев хорошего, энергоэффективного освещения. Исследовав ситуацию на российском рынке, можно заметить, что появилось много некачественных и дешёвых изделий. Очевидно, что необходим жёсткий контроль и сертификация, отсутствие которых сводит на нет все усилия по реализации программ энергосбережения. Существуют сотни мер, направленных на энергосбережение. В их основе лежат изменения в поведении и повышение технической эффективности. Энергосбережение невозможно без участия миллионов людей, имеющих разные интересы. Это сложная многоплановая деятельность, которую нельзя организовать только по принципам бизнеса.

2.2 Виды световых приборов, применяемые для уличного освещения

Современное уличное освещение в жизни человека имеет очень важное значение. Светильники, которые установлены на столбах, мачтах, на путепроводах значительно увеличивают общую оптическую видимость, что особенно важно в темное время суток. Достаточное количество света и фонарей необходимо на огромных улицах крупного города и во дворах относительно небольших по площади населенных пунктов.

Ранее в качестве эффективного уличного освещения использовались одинаковые по методу распространения света и по внешнему виду фонари. Сейчас уличное освещение отличается разнообразием и универсальностью, а виды уличного освещения и светильники насчитывают не один десяток типов различного размера, сфер применения и используемых в них ламп.

Территория распространения света от ламп совершенно не ограничивается только тротуарами. На данный момент они применяются для эстетичного освещения таких объектов современного города, как: фонтаны; скульптуры; фасадные части зданий и сооружений; рекламные щиты.

Наружное освещение отличается от применимого в помещении по определенным техническим характеристикам, по методу установки, а также по внешним дизайнерским решениям. Данные приоритеты определяют основные особенности выбора современных уличных ламп. Например, в отличие от главного критерия — цветность, который принимается во внимание при покупке светильников для помещения, при выборе уличных ламп они не имеют никакого значения, только лишь мощность.

Еще одним, не менее важным показателем, который заслуживает особого внимания, является срок эксплуатации ламп. Важность этого фактора основана на том, что осуществление замены ламп уличного освещения является занятием достаточно трудоемким. Требуется привлечение специального оборудования и техники. Возможность долговременного применения источника света является преимуществом, которым просто обязаны обладать все наружные осветительные установки.

Компания «Световые Технологии» — один из ведущих производителей светотехнического оборудования в России и странах СНГ. Основная сфера деятельности — разработка и производство световых приборов общего и специального назначения. Ассортимент торговой марки превышает 9000 модификаций. Заводы расположены в России, Украине, Испании и Индии. Производство по уровню и разнообразию технологического оборудования не уступает европейским производителям, выпускаемая продукция конкурирует по качеству с лучшими европейскими аналогами. Система менеджмента качества, действующая на заводах, соответствует требованиям международного стандарта ISO 9001, все производимые световые приборы отвечают российским и международным стандартам.

Осветительные приборы торговой марки «Световые Технологии» установлены на многих значимых объектах, в частности, в Олимпийском парке в Сочи, космодроме «Восточный», Московском центральном кольце, метрополитене Москвы и Казани, и других.

Лидерами продаж в дорожном освещении компании «Световые технологии» являются светодиодные светильники марки MAGISTRAL LED мощностью 159-295Вт., FREGAT LED мощностью 35-145Вт., FREGAT CROSSING LED мощностью 55-110 Вт., NANO LED мощностью 30-60 Вт. Светильники разработаны специально для освещения широкополосных шоссе и магистралей класса А1 включительно. Эффективность и оптическая система позволяют заменять традиционные натриевые светильники мощностью до 600 Вт.

На системах уличного и магистрального освещения лежит большая нагрузка — ежедневная эксплуатация приборов требует больших финансовых затрат. В сравнении с традиционными источниками света наружные LED – светильники экономят до 70% электроэнергии, что представляет большую выгоду для коммунальных хозяйств.

К основным преимуществам светодиодных светильников для наружного освещения относятся:

Высокая энергоэффективность. Приборы имеют низкое энергопотребление, что позволяет подключить большее количество светоточек, не повышая мощности питающих подстанций. Кроме того, для установки наружных светодиодных светильников требуются кабели малого сечения, а это существенно снижает расходы на закупку сопутствующего оборудования.

Долговечность. В течение 50 000 часов работы (гарантированного срока службы светодиодов) приборам не требуется ремонт и техническое обслуживание.

Широкий диапазон рабочих температур. Светильники для наружного LED-освещения бесперебойно работают и в жару, и в сильные морозы – у отдельных моделей крайние температурные показатели составляют +/- 60°C.

Высокая степень защиты от влаги и пыли (IP65). Корпус светильников герметично соединен с рассеивателем. Это обеспечивает полную защиту внутренних компонентов от негативного воздействия ветра и атмосферных осадков.

Оптимальная цветовая температура (4000–5000 К). Контрастное освещение холодным белым светом позволяет водителям и пешеходам безопасно передвигаться в темное время суток.

2.3 Требования основных пользователей к наружному искусственному освещению улиц

Первостепенной задачей освещения является предоставление людям хороших условий для выполнения зрительных задач. Экономия электроэнергии на освещение не должна осуществляться за счет снижения уровня норм освещенности, отключения части осветительных приборов или отказа от использования искусственного освещения при недостаточном уровне естественного света, поскольку уменьшение освещенности приводит к снижению зрительной реакции, ухудшению психофизиологического состояния людей, повышению травматизма, снижению производительности труда и качества продукции.

В настоящее время можно выделить три основные группы пользователей наружного освещения улиц и дорог: водители автотранспорта, пешеходы и жители окружающих домов. В таблице 2.1 представлены основные их требования к искусственному освещению улиц.

Таблица 2.1 — требования основных пользователей к наружному искусственному освещению улиц населенных пунктов

Водители автотранспорта	Пешеходы	Жители
Хорошая видимость проезжей части, своевременное обнаружение препятствий, пространственная зрительная ориентация.	Хорошая видимость маркировки, разметки, препятствий и хорошее восприятие человеческого лица.	Отсутствие засветки в окнах жилых и лечебных зданий.

В настоящее время одна из основных групп пользователей систем уличного искусственного освещения – это водители автотранспорта. Для этой категории граждан улица является местом работы, что определяет ограниченную степень свободы. Следует отметить, что их восприятие дороги происходит в динамике. По сравнению с пешеходами у водителя гораздо меньше времени, чтобы распознать потенциальное препятствие и принять соответствующее решение.

Очевидно, что несвоевременное обнаружение препятствий может стать причиной самых фатальных происшествий, угрожать жизни и здоровью самого водителя и окружающих.

Опираясь на это, можно сделать заключение, что водители механизированного транспорта находятся в более тяжелых условиях, чем остальные пользователи искусственного освещения улиц.

Таким образом, обеспечение безопасности движения автотранспортных средств – первоочередная задача, стоящая при нормировании параметров наружного освещения улиц.

Что касается пешеходов, то для них видимость в зоне дорожного покрытия не является определяющей. Самое значимое условие – хорошее восприятие окружающего пространства и необходимость хорошего воспроизведения человеческого лица.

Основные критерии, которым должно отвечать уличное освещение [16]:

- 1) Видимость.

Обеспечение нормальных зрительных условий для водителей и пешеходов, а также оптимальные количественные и качественные параметры освещения, которые регламентируются действующими нормами. Более высокий уровень горизонтальной освещенности, сопровождаемый также повышением вертикальной освещенности в зонах с присутствием пешеходов, способствует лучшему визуальному восприятию пространства.

2) Безопасность.

Практика показывает, что при правильном и качественном освещении городских территорий, уровень травматизма и число ДТП снижается в несколько раз. Из данных исследований видно, что общее количество ДТП может быть уменьшено на 30%, а число происшествий на дорогах государственного значения и в зонах особой опасности, таких как перекрёстки – на 45%. Ночное время, по статистике, намного более опасное в плане ДТП, чем дневное. Значительно снизить число ДТП можно с помощью удвоения средней яркости дорожного покрытия.

Из вышесказанного следует, что в городской среде необходимо хорошее наружное освещение. Водители при управлении автомобилем чувствуют себя более уверенно и намного быстрее могут различать препятствия, встречающиеся на дороге. Пешеходам искусственное освещение также увеличивает зону видимости, помогает вовремя заметить преграды: ступени, пандусы, лед и т. д.

3) Защищенность.

Усиление внимания к проблеме освещенности связано и с тем, что акты насилия и преступления против собственности в основном происходят в темных уединенных местах. Это обусловлено наиболее комфортными условиями для граждан, совершающих подобные деяния. Они чувствуют себя наиболее удобно и свободно, так как их трудно разглядеть и запомнить, а потенциальные жертвы практически беспомощны. Освещение помогает:

- удерживать злоумышленников от правонарушений;
- увидеть человеку приближающегося к нему пешехода и вовремя отреагировать на ситуацию;

- разглядеть черты злоумышленников, запомнить одежду, а также направление, в котором скрылся преступник и т.д;

4) Эстетика.

Хорошее наружное освещение городов позволяет в темное время суток обеспечить выявление светом архитектуры городских ансамблей, зданий и культурно-бытовых объектов и совместно со световой рекламой и иллюминацией создать внешний облик современного города [20].

5) Общественная функция освещения.

Гармоничная световая среда создает благоприятный психологический климат, который оказывает позитивное воздействие на реализацию социальных функций и считается посылом для оживления городской среды.

6) Экономика.

Качество освещения высокого уровня – экономически выгодно. При качественном освещении:

- растут доходы от вечернего туризма;
- происходит развитие светотехнической отрасли, продажа ее продукции, рост занятости в сфере обслуживания;
- увеличиваются отчисления в городской бюджет от дополнительного товарооборота и расширения объемов и качества услуг в освещаемых и благоустроенных зонах.

Основные задачи, которые требуется решать при проектировании установки наружного освещения:

- обеспечение общей равномерности яркости и освещенности дорожного покрытия;
- обеспечение уровня освещенности, необходимого для достоверного и своевременного восприятия дорожной ситуации;
- обеспечение допустимого уровня прямой и отраженной блескости;
- обозначение направления движения транспорта и пешеходов.

Хорошие условия труда и здоровая среда обитания являются основой благосостояния и продуктивности современного общества. Поэтому основной проблемой, стоящей перед светотехнической промышленностью, состоит в равновесии между качеством и энергоэффективностью освещения.

Глава 3 Техничко – экономическая и энергетическая оценка наружных установок искусственного освещения улиц города Томска.

3.1 Энергоаудит — инструмент энергосбережения

Светотехнический энергоаудит — это обследование осветительной установки предприятия с целью определения рациональности энергоиспользования, оценки потенциала энергосбережения и разработки наиболее эффективных способов его реализации. Для проведения светотехнического энергоаудита необходимы руководящие материалы [17] - специальные указания, согласно которым методология светотехнического энергоаудита делится на четыре основных этапа:

1-ый этап. Ознакомление с осветительной установкой предприятия, сбор и анализ всей информации по источникам света, светильникам, пускорегулирующим аппаратам, системам и способам освещения, значениям освещенности, организации эксплуатации и способам обслуживания.

2-ой этап. Оценка эффективности осветительной установки по удельным энергетическим показателям.

3-ий этап. Разработка рекомендаций по повышению энергоэффективности осветительной установки.

4-ый этап. Экспертиза разработанных предложений.

Проведению энергоаудита должен предшествовать выход приказа за подписью директора предприятия с указанием сроков его проведения и состава бригады по проведению энергоаудита.

В результате проведения светотехнического энергоаудита должны быть определены рекомендуемые мероприятия по энергосбережению в ОУ.

3.2 Нормирование параметров установок наружного освещения

Два очень важных требования, которые предъявляются к системе уличного освещения — энергоэффективность и регламентированность

соответствующим нормативным документам (ГОСТ, СНиП и др.). Энергоэффективной системой управления уличным освещением является такая система, которая будет поддерживать нормативный уровень освещенности дорог и тротуаров при наименьших затратах электроэнергии, обеспечивая при этом качественный уровень жизни людей.

Федеральные нормативные документы по освещению в текущий период входят как в систему нормативных документов в строительстве, так и в систему санитарных норм и правил. Согласно федеральному закону «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» № 52-ФЗ от 30 марта 1999 года, санитарные нормы и правила имеют приоритет над строительными нормами [18]

Одним из нормативных документов, устанавливающим нормы естественного и искусственного освещения, является СП 52.13330.2016 [19], актуализированная редакция СНиП 23-05-95* от 08.05.2017. Документ устанавливал нормы естественного, искусственного и совмещенного освещения зданий и сооружений, а также нормы искусственного освещения жилых зон, площадок предприятий и мест производства работ вне зданий. Настоящий свод правил частично гармонизирован с европейскими нормативными документами для применения единых методов определения эксплуатационных характеристик и методов оценки. Главное отличие заключается в разных системах классификации дорог.

ГОСТ Р 55706-2013 «Освещение наружное утилитарное. Классификация и нормы» устанавливает классификацию и нормы освещения объектов улично-дорожной сети [20]. ГОСТ Р 55707-2013 «Освещение наружное утилитарное. Методы измерения нормируемых параметров» устанавливает методы измерения нормируемых параметров [21]. ГОСТ Р 55708-2013 «Освещение наружное утилитарное. Методы расчета нормируемых параметров» устанавливает методы расчета нормируемых параметров.

Для уличного освещения и дорог с автомобильным движением нормируется яркость дорожного покрытия в направлении линии зрения водителя, а в остальных случаях – горизонтальная освещенность.

Предусмотрены также требования к равномерности распределения нормируемых характеристик (в ряде случаев) к вертикальной и средней полуцилиндрической освещенности. Значения средней яркости и освещенности определяются в функции двух параметров: категории улицы или дороги; наибольшей интенсивности движения транспорта в обоих направлениях. [19]

В соответствии с [22] улицы делятся на три типа: А – магистральные дороги и улицы общегородского значения; Б – магистральные улицы районного значения; В – улицы и дороги местного значения. В таблице 3.1 представлены нормируемые параметры для каждой категории улиц.

Таблица 3.1 — Нормируемые показатели для улиц и дорог городских поселений с регулярным транспортным движением с асфальтобетонным покрытием.

Категория объекта	Класс объекта	$L_{ср}$, кл/м ² не менее	$L_{min}/L_{ср}$ не менее	L_{min}/L_{max} не менее	$E_{ср}$, лк не менее	$E_{min}/E_{ср}$ не менее
А	A1	2	0,4	0,7	30	0,35
	A2	1,6			20	
	A3	1,4			20	
	A4	1,2			20	
Б	B1	1,2	0,4	0,6	20	0,35
	B2	1			15	
В	B1	0,8	0,4	0,5	15	0,25
	B2	0,6	0,4	0,5	10	
	B3	0,4	0,35	0,4	6	

В Европе с апреля 2004 г. действует стандарт EN 13201. Этот стандарт определяет процедуры выбора групп освещения, требования групп освещения к освещению дорог и путей сообщения, критерии эффективности и методы их расчета. Он построен на базе немецкого стандарта DIN 13201, разработанный около 30 лет назад и действующий до 2005 г. Приблизительно 80-90% положений из DIN перешли в EN 13201. Нормативы стандарта DIN 13201 легли в основу международного стандарта CIE 140. В США применяется стандарт

IESNA RP-8-00. В таблице 3.2 представлена сравнительная характеристика отечественных норм СП 52.13330.2016 с зарубежными нормами.

Таблица 3.2 — Сравнение отечественных норм СП 52.13330.2016 и зарубежных норм.

Отечественные нормы	Зарубежные нормы
<p>1.Очень сжато излагают материал, содержат минимальный набор нормативных требований.</p> <p>2.Не рассматривают большой круг вопросов каждому виду освещения.Не содержат требований к освещению искривленных участков дороги, многоуровневых транспортных развязок.</p> <p>3.Имеют более низкие уровни нормируемых показателей.</p> <p>4. Не дают детальной информации.</p> <p>5.Практически не дают терминологии либо приводят в усеченном виде.</p> <p>6. Рассматривают два типа дорожных покрытий.</p>	<p>1.Строятся на двух принципах: детальная дифференциация по видам и подвидам освещения, структура стандартов носит комплексный характер.</p> <p>2.Каждая часть норм представляет собой отдельный многостраничный документ.</p> <p>3. Жестче регламентируется ослепление.</p> <p>4. Содержат подробный список и объяснение терминов.</p> <p>5. Рассматривают несколько квалификаций дорожных покрытий.</p> <p>6. Расчеты ведут с помощью компьютерной техники.</p>

3.3 Инструментальное обследование объекта исследования

Объектом исследования данной работы являются установка уличного освещения на ул. Усова, ул. Вершинина и ул. Студенческая в г. Томске.

1. Ул. Усова проходит параллельно пр. Кирова, к югу от нее. Длина улицы составляет 1,7 км. На улице расположены в основном жилые дома. К организациям относятся: 8-ой корпус ТПУ, кафе общественного питания, участковый пункт полиции, международный культурный центр НИИ ТПУ, продуктовые и строительные магазины, общежития, скорая медицинская помощь. Относится к классу автомобильных дорог обычного типа (не скоростная

дорога – ВП) [22]. Согласно ГОСТ Р 55706-2013 «Освещение наружное утилитарное. Классификация и нормы» средняя горизонтальная освещенность покрытия проезжей части должна быть не менее 10 люкс, необходимая яркость не менее 0,6 кд/м², общая равномерность дорожного покрытия должна быть зафиксирована на уровне не ниже 0,4, а максимальная относительная удельная мощность при нормируемой освещенности не более 50 мВт·м⁻²·лк⁻¹. Статус данного ГОСТа определяется как действующий, в СП 52.13330.2016 актуализированной редакции СНиП 23-05-95* содержатся данные из ГОСТ Р 55706-2013. Пульсации светового потока не нормируются для утилитарного освещения.

2. Улица Вершинина относится к классу автомобильных дорог обычного типа (не скоростная дорога – ВП) [22]. Согласно ГОСТ Р 55706-2013 «Освещение наружное утилитарное. Классификация и нормы» средняя горизонтальная освещенность покрытия проезжей части должна быть не менее 10 люкс, необходимая яркость не менее 0,6 кд/м², общая равномерность дорожного покрытия должна быть зафиксирована на уровне не ниже 0,4, а максимальная относительная удельная мощность при нормируемой освещенности не более 50 мВт·м⁻²·лк⁻¹. Статус данного ГОСТа определяется как действующий, в СП 52.13330.2016 актуализированной редакции СНиП 23-05-95* содержатся данные из ГОСТ Р 55706-2013. Пульсации светового потока не нормируются для утилитарного освещения.

3. Улица Студенческая в городе Томске относится к классу автомобильных дорог обычного типа (не скоростная дорога – ВП) [22]. Согласно ГОСТ Р 55706-2013 «Освещение наружное утилитарное. Классификация и нормы» средняя горизонтальная освещенность покрытия проезжей части должна быть не менее 10 люкс, необходимая яркость не менее 0,6 кд/м², общая равномерность дорожного покрытия должна быть зафиксирована на уровне не ниже 0,4, а максимальная относительная удельная мощность при нормируемой освещенности не более 50 мВт·м⁻²·лк⁻¹. Статус данного ГОСТа определяется как действующий, в СП 52.13330.2016 актуализированной редакции СНиП 23-05-

95* содержатся данные из ГОСТ Р 55706-2013. Пульсации светового потока не нормируются для утилитарного освещения.

Визуальный осмотр улиц показал: светильники расположены на железобетонных опорах, опоры располагаются с одной стороны улицы, ширина дорожного полотна составляет около 3,5 м. Сеть наружного освещения включает в себя 57 светильников ЖКУ-100 по ул. Усова, 38 светильников ЖКУ-100 по ул. Вершинина и 18 светильников ЖКУ-100 по ул. Студенческая от ТП 671-30.

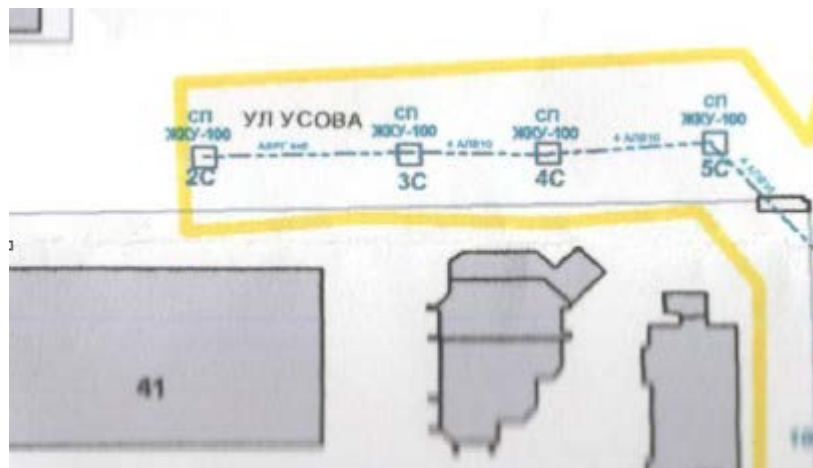


Рисунок 3.1 — Сеть наружного освещения на ул. Усова

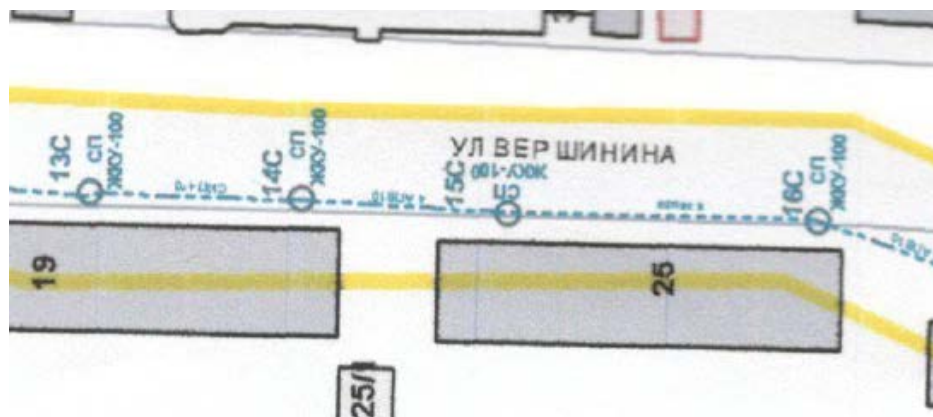


Рисунок 3.2 — Сеть наружного освещения на ул. Вершинина



Рисунок 3.3 — Сеть наружного освещения на ул. Студенческая

Контроль данных улиц реализовывает предприятие ООО «ГОРСЕТИ», используя в системе управления наружным освещением АСУНО «Свет».

При проведении энергоаудита необходимо было выполнить замеры освещенности и яркости дорожного полотна на улицах города Томска (ул. Усова, ул. Вершинина и ул. Студенческая), и установить соответствия нормам. Провести анализ действующей осветительной установки и предложить мероприятия по энергосбережению в освещении улиц.

Для более подробного проведения анализа качества освещения был использован люксметр Эколайт – 01. Технические параметры представлены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 — Технические параметры Эколайт – 01

Диапазон измерения освещенности	1 - 70 000 лк
Диапазон измерения яркости	1 - 50 000 кд/м ²
Диапазон измерения коэффициента пульсаций	1-100%
Пределы допускаемой относительной погрешности измерения освещенности	+/-8%
Пределы допускаемой относительной погрешности измерения яркости	+/-10%
Пределы допускаемой относительной погрешности измерения коэффициента пульсации	+/-10%
Масса	не более 85 г (без кабеля)
Интерфейс	DIN

На рисунке 3.4 представлен участок улицы, на котором выполнялись контрольные замеры освещенности и яркости дорожного полотна (Приложение Б)

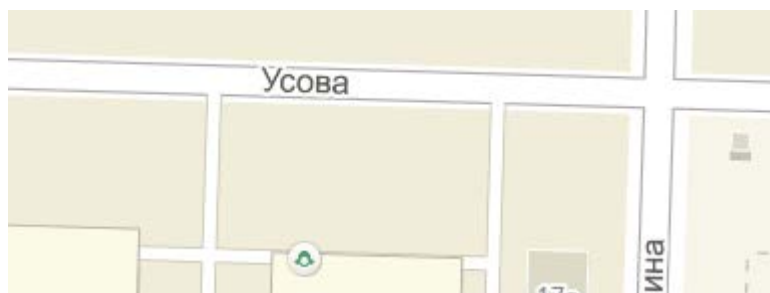


Рисунок 3.4 — Участок улицы Усова

На дорожном покрытии ул. Усова, находящейся между ул. Белинского и Вершинина выбран отрезок, на котором выполнялись замеры по освещенности. Расстояние между опорами со светильниками составляет 25 метров. Замеры проводились через 5 метров вдоль дороги и через 3 метра поперек. Всего был задействован участок дороги в 20 метров, освещенность зафиксирована в 15 контрольных точках (см. рис.3.5). Сумма всех замеров, поделенная на 15 точек, даст необходимый результат среднего уровня освещенности на проезжей части. Средняя освещенность составила:

$$E_{\text{ср}} = \sum_{i=1}^{15} E_{\text{ср}i} = 5,9 \text{ лк}$$

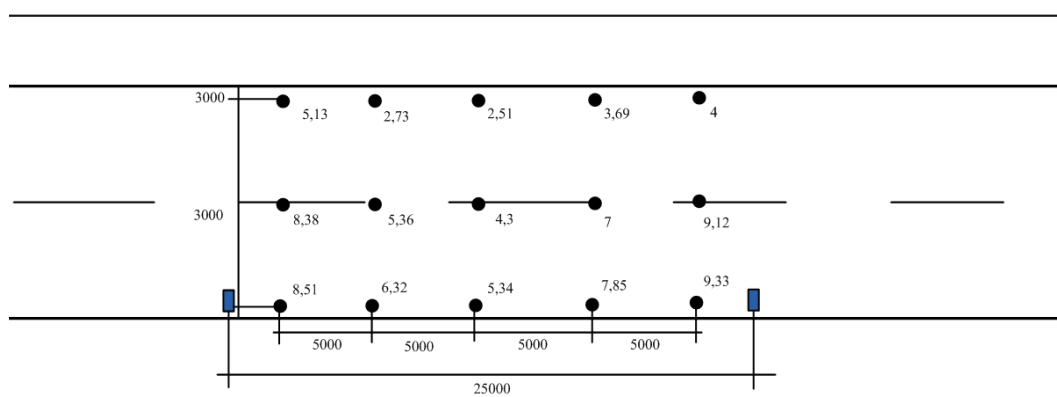


Рисунок 3.5 — Результаты измерения освещенности дорожного полотна ул. Усова.

Уровень средней освещенности составляет 5,9 лк, что не удовлетворяет нормам. Участок дороги является аварийным для всех участников дорожного движения, в таком случае, необходимо быть предельно внимательными и сконцентрированными.

Равномерность освещенности на дорожном покрытии рассчитывается по формуле:

$$U_h = \frac{E_{min}}{E_{cp}} = 0,4$$

Данный результат также считается неприемлемым и не удовлетворяющим нормам.

Относительная удельная мощность определяется по формуле:

$$D_p = \frac{\sum_{i=1}^m P_i}{\sum_{j=1}^n E_j \cdot A_j} = \frac{116}{5,97 \cdot 160} = 0,1 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{лк}^{-1}$$

По нормам, согласно ГОСТ Р 55706-2013 относительная удельная мощность установки не должна превышать $50 \text{ мВт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{лк}^{-1}$, в данном случае расчетные данные показали, что осветительная установка не соответствует требуемым нормам.

Действующая осветительная установка на улице Усова состоит из светильников ЖКУ с натриевой лампой высокого давления мощностью 100 Вт. Общее количество опор освещения на этом участке дороги, питающихся от ТП 671-30 составляет 27 единиц. Общая мощность светового прибора составляет примерно 120 Вт с учетом потерь в электромагнитном ПРА.

Установленная мощность установки рассчитывается по формуле:

$$P_i = P_{\text{л}} \cdot K_{\text{пра}} \cdot N$$

где P_i – мощность осветительной установки;

$K_{\text{пра}}$ – коэффициент потерь в пускорегулирующей аппаратуре осветительных приборов;

$P_{\text{л}}$ – мощность лампы;

N – количество однотипных ламп в осветительной установке.

$$P_i = 120 \cdot 1,2 \cdot 27 = 3,8 \text{ кВт}$$

Годовое энергопотребление (время работы установки равняется 10 часам в сутки):

$$W_{\Gamma} = \sum_{i=1}^n W_{\Gamma_i} = \sum_{i=1}^n P_i \cdot T_{\Gamma_i} \cdot k_{\text{И}_i}$$

$$W_{\Gamma} = 3800 \cdot 3650 \cdot 0,45 = 6,25 \text{ МВт} \cdot \text{час/год}$$

На улице Вершинина, выбран участок дороги между общежитиями по ул. Вершинина 39 и ул. Вершинина 37, на котором выполнялись замеры. На рисунке 3.5 представлены результаты, выполненных замеров освещенности дорожного полотна.

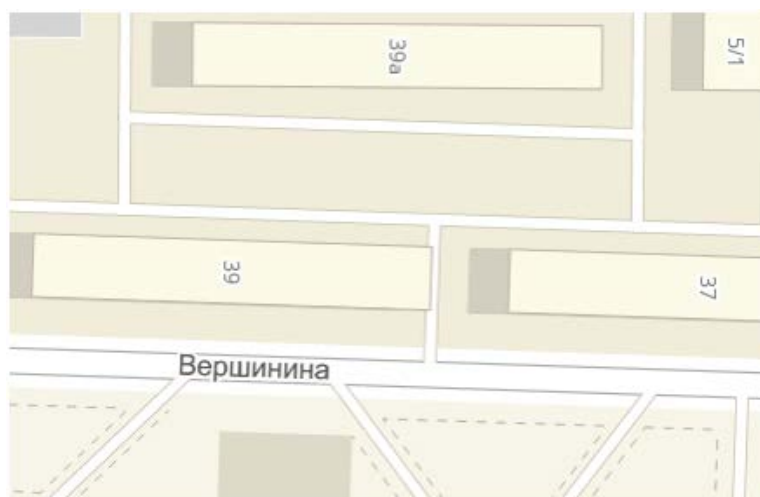


Рисунок 3.6 — Участок улицы Вершинина

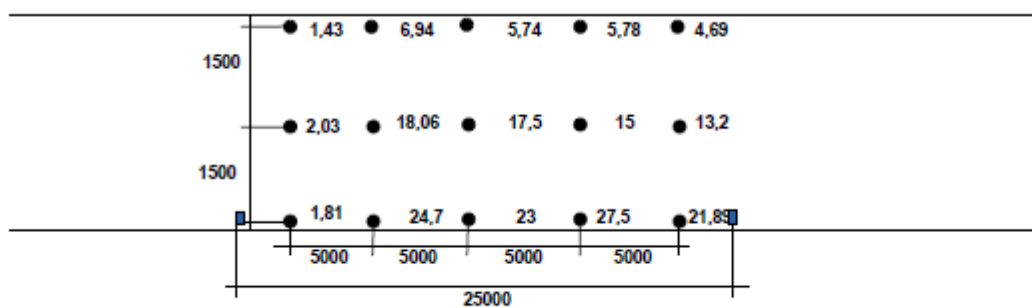


Рисунок 3.7 — Результаты измерения освещенности дорожного полотна ул. Вершинина

Расстояние между опорами со светильниками составляет 25 метров. Замеры проводились через 5 метров вдоль дороги и через 1,5 метра поперек. Всего был задействован участок дороги в 15 метров, освещенность зафиксирована в 15 контрольных точках (рис. 3.6). Сумма всех замеров, поделенная на 15 точек, даст необходимый результат среднего уровня освещенности на проезжей части. Средняя освещенность составила

$$E_{cp} = \sum_{i=1}^{15} E_{cp_i} = 12,6 \text{ лк}$$

Уровень средней освещенности составляет 12,6 лк, что удовлетворяет нормам для данного участка дороги.

Равномерность освещенности на дорожном покрытии:

$$U_h = \frac{E_{min}}{E_{cp}} = 0,1$$

Данный результат не удовлетворяет нормам.

Относительная удельная мощность определяется по формуле:

$$D_p = \frac{\sum_{i=1}^m P_i}{\sum_{j=1}^n \overline{E_j} \cdot A_j} = \frac{103,8}{12,6 \cdot 200} = 0,041 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{лк}^{-1}$$

По нормам, согласно ГОСТ Р 55706-2013, относительная удельная мощность установки не должна превышать $50 \text{ мВт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{лк}^{-1}$, в данном случае расчетные данные показали, что осветительная установка соответствует требуемым нормам.

Действующая осветительная установка на улице Вершинина (между общежитиями В39 и В37) состоит из светильников ЖКУ с натриевой лампой высокого давления мощностью 100 Вт. Общее количество опор освещения на этом участке дороги, питающихся от ТП 671-30 составляет 6 единиц. Общая мощность светового прибора составляет примерно 125 Вт с учетом потерь в электромагнитном ПРА.

Установленная мощность установки рассчитывается по формуле

$$P_i = 100 \cdot 1,2 \cdot 6 = 0,72 \text{ кВт}$$

Годовое энергопотребление (время работы установки равняется 10 часам в сутки):

$$W_{\Gamma} = 720 \cdot 3650 \cdot 0,45 = 1,18 \text{ МВт} \cdot \text{час/год}$$

На дорожном покрытии улицы Студенческая, находящейся между улицами Белинского и Вершинина выбран отрезок, на котором выполнялись замеры по освещенности дорожного полотна.

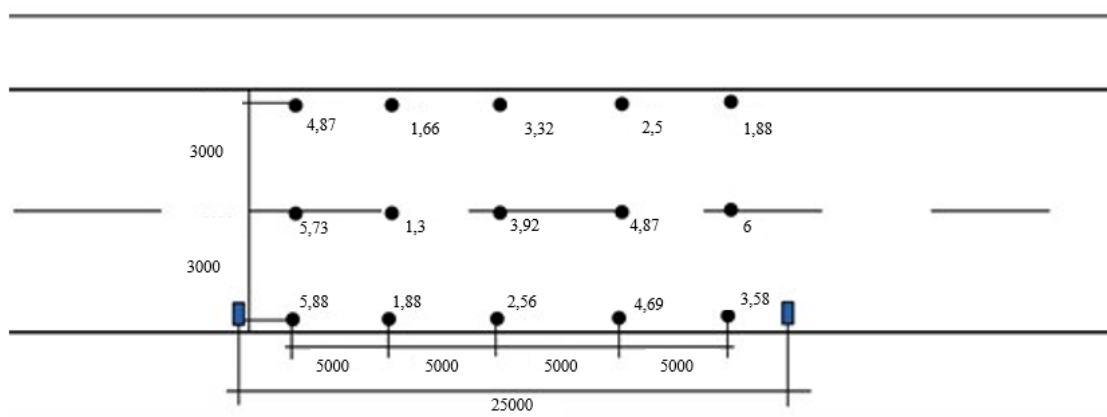


Рисунок 3.8 — Результаты измерения освещенности дорожного полотна ул. Студенческая.

$$E_{\text{ср}} = \sum_{i=1}^{15} E_{\text{ср}i} = 3,4 \text{ лк}$$

Уровень средней освещенности равен 3,4 лк, что в 3 раза ниже нормы.

Равномерность освещенности на дорожном покрытии рассчитывается по формуле:

$$U_h = \frac{E_{\text{min}}}{E_{\text{ср}}} = 0,4$$

Данный результат считается приемлемым и удовлетворяющим нормам.

Относительная удельная мощность определяется по формуле:

$$D_p = \frac{\sum_{i=1}^m P_i}{\sum_{j=1}^n \bar{E}_j \cdot A_j} = \frac{116}{3,35 \cdot 160} = 0,2164 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{лк}^{-1}$$

По нормам, согласно ГОСТ Р 55706-2013 относительная удельная мощность установки не должна превышать $50 \text{ мВт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{лк}^{-1}$, в данном случае расчетные данные показали, что осветительная установка соответствует требуемым нормам.

Действующая осветительная установка на улице Студенческий городок состоит из светильников ЖКУ с натриевой лампой высокого давления мощностью 100 Вт. Общее количество опор освещения на этом участке дороги, питающихся от ТП 671-30 составляет 18 единиц. Общая мощность светового прибора составляет примерно 120 Вт с учетом потерь в электромагнитном ПРА.

Установленная мощность установки рассчитывается по формуле

$$P_i = 100 \cdot 1,2 \cdot 18 = 2,16 \text{ кВт}$$

Годовое энергопотребление (время работы установки равняется 10 часам в сутки):

$$W_{\Gamma} = 2160 \cdot 3650 \cdot 0,45 = 3,58 \text{ МВт} \cdot \text{час/год}$$

Глава 5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В данном разделе рассматривается экономический эффект от проектирования наружного освещения с использованием светильников на основе светодиодных ламп.

Объект исследования – ул. Усова, ул. Вершинина и ул. Студенческая в г. Томске.

Целью данного раздела ВКР является обоснование экономической и сравнительной эффективности данной технологии с точки зрения конкурентоспособности и ресурсоэффективности. Для этого необходимо:

- провести анализ потенциальных потребителей;
- оценить конкурентоспособность разработки;
- составить план выполнения работ;
- рассчитать бюджет научного исследования;
- произвести оценку экономической эффективности технологии;
- произвести оценку сравнительной эффективности исследования.

5.1 Предпроектный анализ

5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

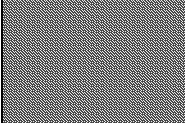
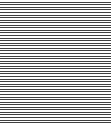
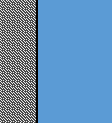
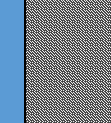
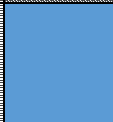
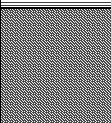

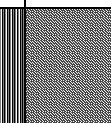
Успех спроса любой технической разработки заключается в его способности удовлетворять ключевые потребности покупателей. Так как зачастую их предпочтения различны, необходимо выделить целевую аудиторию, которая будет максимально удовлетворена продуктом. Другими словами, рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

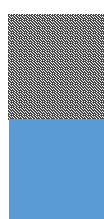
В магистерской диссертации проводится энергетическое обследование уличного освещения, на основании анализа данных которого, разрабатывается перечень мероприятий по повышению энергетической эффективности осветительных установок. Существует несколько вариантов мероприятий, позволяющих повысить энергоэффективность ОУ:

- замена электромагнитной пускорегулирующей аппаратуры (ЭмПРА) на электрическую (ЭПРА) в светильниках с люминесцентными лампами;
- замена ламп накаливания и люминесцентных ламп на светодиодные;
- использование автоматизированных систем управления освещением (АСУО);
- применение комплекса мероприятий.

В таблице 5.1 приведена карта сегментирования рынка.

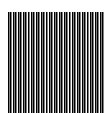
Таблица 5.1 – Карта сегментирования рынка

		Варианты мероприятий повышающих энергоэффективность ОУ			
		ЭПРА	Светодиодное освещение	АСУО	Комплекс мероприятий
Компании по отраслям	Управляющие компании				
	Физические лица				
	Строительные компании				

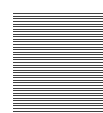


ОАО «АСТЗ»

ООО «Вартон»



СК «Современное строительство»



Лампочка Томича

Из приведенной карты сегментирования видно, какие ниши на рынке предложенных мероприятий, повышающих энергоэффективность

осветительной установки, не заняты конкурентами, или где уровень конкуренции низок.

Анализ рынка показал, что на данный момент мы имеем дело с фирмами различного уровня.

За исправное наружное освещение отвечают местные органы исполнительной власти (иными словами, муниципальные или государственные органы), в соответствии с ФЗ № 131 от 2003 года 6 октября.

Именно они заключают с обслуживающими организациями (энергоснабжающими компаниями) договор, на основании которого осуществляется освещение улиц. За поддержание фонарей в рабочем состоянии и осуществление их своевременного обслуживания отвечают коммерческие предприятия – энергоснабжающие компании или электросети, с которыми был заключён договор. Контролировать деятельность данных организаций обязуется администрация города.

Не все фирмы способны комплексно решать проблемы с энеросбережением в осветительных установках. В нашем исследовании не налажено взаимодействие с управляющими компаниями и физическими лицами, поэтому именно на них планируется ориентироваться в реализации научной разработки, так как эффективность осветительной установки зависит от комплексного решения данной проблемы.

5.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения. В данном случае будут рассматриваться отдельные варианты мероприятий, позволяющих повысить энергоэффективность ОУ.

Поэтому сравниваемым вариантам являются варианты исполнения (направления исследования), которым присвоены следующие номера:

1. применение электрической пускорегулирующей аппаратуры (ЭПРА) в светильниках с люминесцентными лампами – *A1*;
2. замена ламп накаливания и люминесцентных ламп на светодиодные – *A2*;
3. использование автоматизированных систем управления освещением (АСУО) – *A3*;
4. применение комплекса мероприятий – *A4*.

Оценочная карта для сравнения направлений исследования представлена в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Оценочная карта для сравнения направлений исследования

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы				Конкурентоспособность			
		<i>A1</i>	<i>A2</i>	<i>A3</i>	<i>A4</i>	<i>A1</i>	<i>A2</i>	<i>A3</i>	<i>A4</i>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Технические критерии оценки ресурсоэффективности									
Энергоэффективность	0,2	3	5	5	5	0,6	1	1	1
Надежность	0,1	3	5	4	5	0,3	0,5	0,4	0,5
Безопасность	0,1	3	4	4	4	0,3	0,4	0,4	0,4
Производительность оборудования	0,1	4	4	4	5	0,4	0,4	0,4	0,5
Удобство в эксплуатации для управляющих компаний и потребителей	0,1	1	5	3	5	0,1	0,5	0,3	0,5
Потребность в ресурсах памяти	0,1	0	4	4	5	0	0,4	0,4	0,5
Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,1	0	5	5	5	0	0,5	0,5	0,5
Экономические критерии оценки эффективности									
Цена	0,05	4	5	3	4	0,2	0,25	0,15	0,2

Предполагаемый срок эксплуатации	0,07	3	5	4	5	0,21	0,35	0,28	0,35
Техническое обслуживание	0,05	5	5	3	4	0,25	0,25	0,15	0,2
Финансирование научной разработки	0,03	4	3	2	4	0,12	0,09	0,06	0,12
Итого:	1					2,48	4,64	4,04	4,77

Анализ конкурентных технических решений осуществляется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i,$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

После анализа конкурентных технических решений видно, что проведение мероприятий по повышению энергоэффективности осветительной установки является актуальным, это позволит получить высокий уровень энергоэффективности с должным уровнем надежности и удобства для потребителей и управляющих компаний. Так же мы видим, что мероприятие по замене ламп накаливания и люминесцентных ламп на светодиодные тоже позволит получить высокий уровень энергоэффективности. Данное мероприятие будет наиболее выгодным и намного проще реализуемым на уровне управляющих организаций, нежели весь комплекс мероприятий. В нашем случае именно поэтому многие организации первым делом осуществляют замену светильников на экономичный и дешёвый вариант, что позволяет снизить потребление электроэнергии и затрачивает меньшее время для окупаемости данного мероприятия, что является очень важным фактором.

5.1.3 SWOT-анализ

В результате составления оценочной карты для разных направлений исследования было выявлено, что проведение комплекса мероприятий по повышению энергоэффективности осветительной установки является наиболее конкурентоспособным. Поэтому далее, в таблице 5.3 приведен SWOT-анализ именно этого решения.

Таблица 5.3 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	Сильные стороны: С1. Высокая энергоэффективность ОУ с применением автоматизированной системы управления С2. Монтаж системы в короткие сроки; С3. Высокий срок эксплуатации оборудования; С4. Простота эксплуатации оборудования; С5. Увеличение надежности электрической сети; С6. Наличие законодательной базы по энергоэффективности С7. Появления новой более дешевой продукции российского производства ввиду увеличения спроса на систему	Слабые стороны: Сл1. Высокая стоимость оборудования; Сл2. Отсутствие возможности проверки результатов исследований на практике; Сл3. Отсутствие финансирования; Сл4. Наличие не опытного исполнителя проекта
--	--	---

Продолжение таблицы 5.3

<p>Возможности:</p> <p>В1. Наличие оборудования российского производства, являющегося наиболее дешевым аналогом зарубежного;</p> <p>В2. Малое количество конкурентных технологий;</p> <p>В3. Рост спроса на технологию</p> <p>В4. Наличие спроса на данную продукцию управляющими компаниями и самими потребителями;</p> <p>В5. Снижение стоимости элементной базы;</p> <p>В6. Государственная поддержка в случае успешности проекта;</p>	<p>1. Завоевание собственной ниши на рынке за счет комплексного подхода к повышению энергоэффективности ОУ (В4С2С3С4С6);</p> <p>2. Захват новых мест на рынке для дальнейшего внедрения данной технологии (В2С1С4С5С6);</p> <p>3. Применение отечественного оборудования, находящегося в легкой доступности (В1С2).</p>	<p>1. Разработка совместных проектов с производителями энергоэффективного оборудования с использованием и продвижением их продукции (В3В4В5В6Сл3)</p> <p>2. Снижение стоимости разработки за счет применения новых более дешевых аналогов оборудования российского производства (В3В4В5Сл2Сл3)</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие финансирования разработки;</p> <p>У2. Нестабильная политическая и экономическая обстановка, приведшая к увеличению закупочной стоимости оборудования;</p> <p>У3. Параллельно ведутся конкурентные технические разработки.</p> <p>У4. незапланированные расходы, связанные с неисправностями оборудования, повреждением оборудования во время транспортировки и установки.</p>	<p>1. Улучшение технических характеристик оборудования для потребителей, приводящее к дополнительному финансированию разработки (У1С1С2С3С4С5С6);</p> <p>2. Повышение надежности, безопасности и энергоэффективности оборудования системы (У3С1С3С4С5С6).</p>	<p>1. Модернизация системы с учетом потребностей покупателей(У1У3Сл3);</p> <p>2. Поиск новых путей поставки оборудования и инвестиций (У1У2У4Сл1Сл3).</p>

Анализируя полученную интерактивную матрицу проекта, видно, что достоинства модернизации системы освещения превосходят недостатки, поэтому реализация данного проекта вполне возможна.

5.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

На любой стадии жизненного цикла научной разработки полезно оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее завершения. Таблица 5.4 содержит показатели, говорящие о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта.

Таблица 5.4 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно-технический задел	5	4
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	4	4
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	4	4
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	3	4
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	3	4
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	2	4
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	1	3
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	2	2
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	3	3

10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	3	3
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	1	1
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	3	3
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	4	5
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	3	3
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	2	3
Итого баллов:		43	50

Значение суммарного балла позволяет говорить о мере готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации. В нашем случае значение суммарного балла лежит в диапазоне от 44 до 30, что означает, что перспективность данного проекта средняя.

5.1.5. Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

Коммерциализация проекта будет осуществляться путем заключения хоздоговора между НИ ТПУ и коммерческой организацией по которому исполнитель по проекту осуществит НИОКР, а управляющая компания возьмет на себя обязательства компенсировать величину хоздоговора, закупить и смонтировать требуемое светотехническое оборудование для жителей города – участников дорожного движения.

При этом учтем рентабельность данной организации на уровне 20% (таблицы № 4.18, № 4.20).

Таким образом, в итоге данного раздела оценим энергетическую эффективность инвестиций в НИОКР и установку светотехнического оборудования для жителей города Томска.

5.2. Инициация проекта

5.2.1 Цели и результат НТИ

В данном разделе приведена общая информация о целях и задачах проекта. В рамках инициации определяется содержание проекта, определяется объем финансирования. Определим заинтересованные стороны и их ожидания, результат сведем в таблицу 5.5.

Таблица 5.5 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны	Ожидания заинтересованных сторон
Руководитель проекта	Реализация научных задумок Компенсация трудозатрат
Исполнитель по проекту	Получение степени магистра Компенсация трудозатрат
ТПУ	Подача заявок на гранты Привлечение средств от хоздоговоров с предприятиями; Рост оплаты труда сотрудников; Рост рейтинга
Потенциальные потребители (инвесторы)	Энергоэффективное потребление энергоресурсов в ОУ, снижение затрат на УО, отдача от инвестиций

В таблице 5.6 представлена иерархия целей проекта и критерии достижения поставленных целей.

Таблица 5.6 – Цели и результат проекта

Цель проекта:	Анализ данных по состоянию уличного освещения, разработка плана мероприятий повышающих энергоэффективность осветительных установок и пути их реализации
Ожидаемые результаты проекта:	Плана мероприятий повышающих энергоэффективность осветительных установок и пути их реализации
Критерии приемки результата проекта:	Повышение уровня энергоэффективности, соответствие бюджету и срокам
Требования к результату проекта:	Обеспечение высокого уровня энергоэффективности
	Пояснительная записка должна быть выполнена и оформлена в соответствии с Положением ТПУ о структуре ВКР (магистерской диссертации) выпускников и СТО ТПУ 6/од от 10.02.2014 г.
	Должны быть проработаны дополнительные разделы НТИ: финансовый менеджмент, социальная ответственность, раздел ВКР на иностранном языке

5.2.2. Организационная структура проекта

В таблице 5.7 представлена информация о составе рабочей группы, роли, функции и трудозатраты каждого из ее участников.

Таблица 5.7 – Рабочая группа НТИ

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, ч
1	Коржнева Татьяна Геннадьевна НИ ТПУ Доцент, к.т.н. Отделение материаловедения	Руководитель проекта	Координация деятельности, управление проектом	12
2	Краснятова Дарья Дмитриевна НИ ТПУ Студент группы 5AM74	Исполнитель по проекту	Исполнение работ по реализации проекта	32
ИТОГО:				44

5.2.3. Ограничения и допущения проекта

В таблице 5.8 представлены все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а также «границы проекта» – параметры проекта, которые не будут реализованы в рамках данного проекта.

Таблица 5.8 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/допущения
Бюджет проекта:	За счет собственных средств города
Источник финансирования	Собственные средства города
Сроки проекта:	
Дата утверждения плана проекта	25.03.2019
Дата завершения проекта	01.06.2019
Прочие ограничения и допущения:	
Ограничение по времени монтажа оборудования (возникновение непредвиденных обстоятельств при монтаже)	
Ограниченные человеческие ресурсы	
Ограниченность в техническом оснащении и данных	

5.3 Планирование научно-технического проекта

5.3.1 Иерархическая структура работ

Иерархическая структура работ (ИСР) – детализация укрупненной структуры работ. В процессе создания ИСР было проведено структурирование и определение содержания всего проекта (рисунок 5.1).

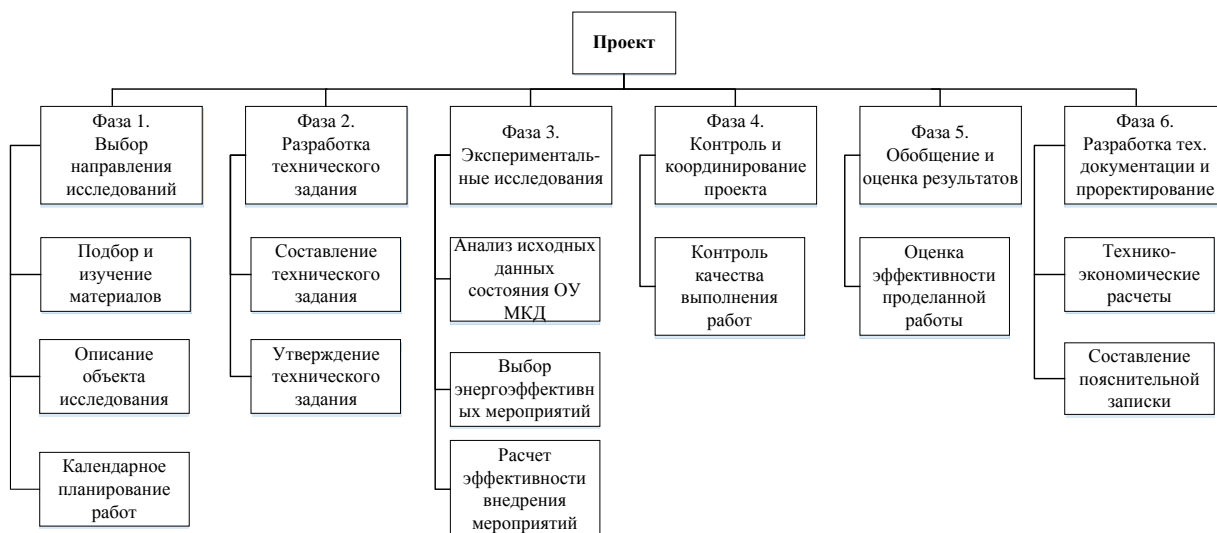


Рисунок 5.1 – Иерархическая структура работ

5.3.2 Контрольные события проекта

При организации проекта необходимо оптимально планировать сроки проведения работ. В таблице 5.9 определены ключевые события проекта, их даты и результаты.

Таблица 5.9 – Контрольные события проекта

№	Контрольное событие	Дата	Результат
1	Выдача и согласование с руководителем темы проекта	25.03.19	Разработана тематика работы, определены основные составляющие проекта
2	Начало изучения литературы Выбор направления исследований	26.04.19	Составление плана работы Отчет
3	Разработка технического задания	29.04.19	Бланк задания
4	Теоретические исследования	04.05.19	Литературный обзор; результаты исследований
5	Контроль и координирование проекта	08.05.19	Отчет
6	Обобщение и оценка результатов	11.05.19	Отчет
7	Разработка технической документации и проектирование	19.05.19	Пояснительная записка

5.3.3 План проекта

На данном этапе составляется полный перечень проводимых работ, определяются их исполнители и оптимальная продолжительность.



Результатом планирования работ является календарный план, представленный в таблице №5.10.

Таблица №5.10 – Календарный план проекта

Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
Выдача и согласование с руководителем темы проекта, подготовка плана-графика	1	25.03.19	25.03.19	Руководитель проекта, исполнитель проекта
Проведение энергетического обследования объекта и обработка результатов	3	26.03.19	28.03.19	Руководитель проекта, исполнитель проекта
Выбор оборудования для проведения энергоэффективных мероприятий	5	29.04.18	03.05.18	Исполнитель проекта
Оценка эффективности проведенных мероприятий	2	04.05.19	05.05.19	Исполнитель проекта
Анализ полученных данных	2	06.05.19	07.05.19	Руководитель проекта Исполнитель проекта
Контроль качества выполнения проекта и консультирование студента	3	08.05.19	10.05.19	Руководитель проекта
Оценка эффективности проделанной работы	3	11.05.19	13.05.19	Руководитель проекта

Технико-экономические расчеты	3	14.05.19	16.05.19	Исполнитель проекта
Вопросы экологической безопасности	2	17.05.19	18.05.19	Исполнитель проекта

Составление пояснительной записки	14	19.05.19	01.06.19	Исполнитель проекта
Итого:		Руководит ель проекта	12	
		Исполнит ель проекта	32	

Для иллюстрации календарного плана проекта построена диаграмма Ганта, представленная на рисунке 5.2. Диаграмма Ганта отображает план-график проведения работ с разбивкой по месяцам и декадам, где  – научный руководитель,  – исполнитель работ по проекту.









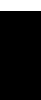




Название	Длит-ть, дни	Состав участников	Продолжительность выполнения работ					
			Апрель			Май		
			1	2	3	1	2	3
Выдача и согласование с руководителем темы проекта, подготовка плана-графика	1	Руководитель						
		Исполнитель						
Проведение энергетического обследования объекта и обработка результатов	3	Руководитель						
		Исполнитель						
Выбор оборудования для проведения энергоэффективных мероприятий	5	Исполнитель						
Оценка эффективности проведенных мероприятий	2	Исполнитель						
Анализ полученных данных	3	Руководитель						
		Исполнитель						
Контроль качества выполнения проекта и консультирование студента	3	Руководитель						
Оценка эффективности проделанной работы	3	Руководитель						
Технико-экономические расчеты	3	Исполнитель						
Вопросы экологической безопасности	2	Исполнитель						
Составление пояснительной записки	14	Исполнитель						

Рисунок 5.2 – Диаграмма Ганта

5.4. Бюджет научного исследования

Основная заработная плата (компенсация трудовых затрат)

В данной статье учитывается основная заработная плата научных работников, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина этих расходов определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИР и дополнительную заработную плату:

$$C_{зн} = Z_{осн} + Z_{доп},$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12÷20 % от $Z_{осн}$).

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя и исполнителя рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб}$$

где $T_{раб}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (из таблицы 4.7);

$Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{34190 \cdot 10,2}{243} = 1435,14 \text{ руб.},$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.:

$$Z_m = Z_{мс} \cdot k_p = 26300 \cdot 1,3 = 34190 \text{ руб.}$$

где $Z_{мс}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для города Томска);

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 56 раб. дней – $M = 10,2$ месяца, при отпуске 48 раб. дней – $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_o – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (табл. 5.11).

Таблица 5.11 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Исполнитель
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней:	66	66
• выходные дни и праздничные дни		
Потери рабочего времени:	56	48
• отпуск и невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	243	251

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 5.12.

Таблица 5.12 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$Z_{мс}$, руб.	k_p	Z_m , руб	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	26 300	1,3	34 190	1435,14	12	17221,68
Исполнитель	17 000	1,3	22 100	915,7	32	29302,4
Итого:						46524,08

Дополнительная заработная плата

Данная статья включает сумму выплат, предусмотренных законодательством о труде, таких как: оплата отпусков, выплата вознаграждения за выслугу лет, отклонение от нормальных условий труда и т.п.

Дополнительная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,12 \cdot 17221,68 = 2066,6 \text{ руб.};$$

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,12 \cdot 29302,4 = 3516,29 \text{ руб.},$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным $0,10 \div 0,15$).

В таблице 5.13 приведена форма расчета основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 5.13 – Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель	Исполнитель
Основная зарплата, руб.	17221,68	29302,4
Дополнительная зарплата, руб.	2066,6	3516,29
Зарплата, руб.	19288,28	32818,69
Итого по статье $C_{\text{зн}}$	52106,97	

Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды. Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}),$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

В соответствии с уровнем при выполнении хоздоговорных работ коэффициент отчислений во внебюджетные фонды равен 27,1% от величины компенсации трудозатрат. Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 5.14.

Таблица 5.14 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	17221,68	2066,6
Исполнитель	29302,4	3516,29
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Отчисления во внебюджетные фонды		
Руководитель	5227,12	
Исполнитель	8893,86	
Итого по статье <i>С_{внеб}</i>	14120,98	

Прочие расходы

Расчет стоимости материальных затрат на прочие расходы производится по действующим прейскурантам или договорным ценам. В их стоимость включают транспортно-заготовительные расходы, которые составляют 3÷5% от цены. В эту же статью включаются затраты на оформление документации. Результаты по данной статье представлены в таблице 5.15.

Таблица 5.15 – Прочие расходы необходимые для реализации проекта

Наименование	Марка	Кол-во	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Бумага для принтера формата А4	SvetoCopy, 500 листов	1	300	300
Картридж для принтера	Canon	1	1100	1 100
Проведение энергообследования и составление энергопаспорта		1	19 000	19 000
Всего за материалы				20400
Транспортно-заготовительные расходы (3÷5%)				612
Итого по статье <i>С_{пр}</i>				21012

Накладные расходы

В эту статью включаются затраты на управление и хозяйственное обслуживание, которые могут быть отнесены непосредственно на конкретную тему. Кроме того, сюда относятся расходы по содержанию, эксплуатации и ремонту оборудования, производственного инструмента и инвентаря, зданий, сооружений и др.

Накладные расходы составляют 80-100 % от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнение темы.

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = \frac{З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}} + C_{\text{внеб}} + C_{\text{пр}}}{k_{\text{внеб}}} \cdot k_{\text{пр}}$$

$$C_{\text{накл}} = \frac{46524,08 + 5582,89 + 14120,98 + 21012}{0,8} \cdot 0,2 = 21809,99 \text{ руб.}$$

Бюджет проекта также складывается из материальных затрат на оборудование, необходимое для реализации энергоэффективных мероприятий.

Полная смета затрат

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости НТИ. Полная смета затрат приведена в таблице 5.16.

Таблица 5.16 – Полная смета затрат

Наименование статьи	Затраты, руб.
1. Заработная плата	52106,97
2. Отчисления во внебюджетные фонды	14120,98
3. Прочие расходы	21012
4. Накладные расходы	21809,99
Бюджет проекта	109049,94

5.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности проектов

5.5.1 Выбор способа повышения энергетической эффективности наружного освещения

Рассматриваемые улицы содержат 113 светильников ЖКУ -100. В настоящее время во всем мире происходит постепенный отказ от ламп ДРЛ, вводится запрет на применение этих ламп в новых или реконструируемых уличных осветительных установках. В рамках целенаправленной политики в области энергосбережения, проводимой во всем мире, ставится задача по скорейшей замене морально и технически устаревших уличных светильников с ДРЛ на световые приборы с энергоэффективными источниками света. В России с 1 июля 2016 г. вводится запрет на закупки для государственных и муниципальных нужд стандартных люминесцентных ламп с цоколем G13 и ДРЛ, а также светильников для ДРЛ наружного освещения. О необходимости замены ламп по ул. Усова, ул. Вершинина, ул. Студенческая свидетельствует не только вышедшее постановление на запрет ДРЛ, но и проведенное энергообследование улицы. Замеры горизонтальной освещенности показали, что на некоторых участках улицы полученные значения не соответствуют нормативным требованиям. В качестве мероприятия по повышению энергоэффективности установки уличного освещения была предложена замена светильников ЖКУ-100 на светодиодные светильники CORVETTE LED-75 компании «Световые Технологии». По сравнению с газоразрядными лампами светодиодные обладают рядом существенных преимуществ.

В настоящей работе были рассмотрены лишь два варианта модернизации улиц. Первый: замена светильников ЖКУ-100 на светодиодные светильники CORVETTE LED-75 без замены опор, второй: то же, но с заменой опор.

5.5.2 Расчеты энергоэффективности вариантов модернизации уличного

Освещения

Произведем расчет эффективности замены светильника СКР-100 на светильник CORVETTELED-75.

Таблица 5.17 – Замена светильника СКР-100 на светильник CORVETTELED-

75

Наименование		СКР-100	CORVETTE LED-75
Стартов ые	Стоимость одного светильника (без ламп), S_{CB} , руб	0,00	8600
	Стоимость лампы, S_l , руб	420	0
	Итого стартовые затраты на 1 светоточку- S_o , руб	420	8600
Затрат ы на эксплу атацию	Номинальная мощность - P_n , кВт	0,100	0,075
	Потребляемая мощность - P , кВт	0,112	0,075
	Коэффициент мощности, k	0,85	0,96
	Стоимость кВт-ч электроэнергии на 2018г.- $S_{кВт}$, руб	4,85	4,85
	Часов работы в год - t , ч	4380	4380
	Годовые затраты только на электроэнергию для 1 светоточки, $S_{ээ}=(P/k)* S_{кВт}* t$, руб	3097,28	1659,61
	Итого годовые затраты на электроэнергию для одной светоточки, $S_{ээ}$, руб	3097,28	1659,61
	Срок службы лампы- τ , ч	15000	50000
	Стоимость единичного акта работ по замене лампы - $S_{зл}$, руб	600	0,00
	Годовая стоимость лампы с заменой, $S_3=t*(S_l+S_{зл})/\tau$, руб	297,84	0,00
	Годовые затраты на эксплуатацию (электроэнергию и замену ламп) для 1 светоточки $S_{1экп}= S_{ээ}+ S_3$, руб	3395,12	1659,61

	Итого годовые затраты на эксплуатацию одной светоточки– S1экп, руб	3395,12	1659,61
Общие годовые	Итого общие затраты за первый год на одну светоточку (стартовые расходы на оборудование, электроэнергию и замену ламп) S1= So+ S1экп, руб	3815,92	10259,61

Таблица 5.18 – Совокупные затраты

Совокупные затраты на 1 светоточку (с учетом подорожания)	На 1 год эксплуатации	3915,92	10259,61
	На 2 год эксплуатации	4426,27	1844,76
	На 3 год эксплуатации	4986,36	2029,03
	На 4 год эксплуатации	5541,48	2229,58
	На 5 год эксплуатации	6087,58	2452,27
Затраты за 5 лет эксплуатации		24856,81	18815,25
Доход за 5 лет на один светильник		6041,56	

Произведем расчет эффективности замены светильника ЖКУ-100 на светильник CORVETTELED-75.

Таблица 5.19 – Замена светильника ЖКУ-100 на CORVETTELED-75

Наименование		ЖКУ-100	CORVETTE LED-75
Стартовые	Стоимость одного светильника (без ламп), SCB, руб	0,00	12200
	Стоимость лампы, Sl, руб	485	0
	Итого стартовые затраты на 1 светоточку- So, руб	485	12200
	Номинальная мощность - Pн, кВт	0,100	0,075

Затраты на эксплуатацию	Потребляемая мощность - Р, кВт	0,112	0,075
	Коэффициент мощности, k	0,85	0,96
	Стоимость кВт-ч электроэнергии на 2018г.-SkВт,руб	4,85	4,85
	Часов работы в год – t,ч	4380	4380
	Годовые затраты только на электроэнергию для 1 светоточки. $S_{ээ}=(P/k)* SkВт* t$, руб	3097,28	1659,61
	Итого годовые затраты на электроэнергию для одной светоточки, Sээ, руб	3097,28	1659,61
	Срок службы лампы- τ, ч	15000	50000
	Стоимость единичного акта работ по замене лампы -Sзл, руб	600	0,00
	Годовая стоимость лампы с заменой, $S_3=t*(Sл+Sзл)/τ$, руб	316,82	0,00
	Годовые затраты на эксплуатацию (электроэнергию и замену ламп) для 1 светоточки $S1_{экп}= S_{ээ}+ S_3$, руб	3414,16	1659,61
	Итого годовые затраты на эксплуатацию одной светоточки– $S1_{экп}$) руб	3414,16	1659,61
Общие годовые затраты	Итого общие затраты за первый год на одну светоточку (стартовые расходы на оборудование, электроэнергию и замену ламп) $S_i= S_o+ S1_{экп}$, руб	3899,17	10259,61
Совокупные затраты на 1 светоточку (с учетом подорожания)	На 1 год эксплуатации	3899,17	10259,61
	На 2 год эксплуатации	4491,28	1844,76
	На 3 год эксплуатации	5051,15	2029,03
	На 4 год эксплуатации	5606,41	2229,58
	На 5 год эксплуатации	6152,34	2452,27
Затраты за 5 лет эксплуатации		25200,35	18815,25
Доход за 5 лет на один светильник		6385,1	

5.5.3 Расчет окупаемости замены светильников СКР и ЖКУ на светодиодные светильники

5.5.3.1 Расчет окупаемости замены светильников без замены опор уличного освещения

Экономия электроэнергии в натуральном эквиваленте за год, кВт·ч

$$\mathcal{E}_n = (P_{\text{ДРЛ(ДНаТ)}} - P_{\text{СВД}}) \cdot n \cdot N_4 \cdot K_c$$

Где $P_{\text{ДРЛ(ДНаТ)}}$ – установленная мощность лампы ДРЛ, ДНаТ, Вт;

$P_{\text{СВД}}$ – установленная мощность светодиодной лампы, Вт;

n – количество ламп;

N_4 – средняя продолжительность часов работы светильников в году.

K_c – коэффициент использования. При расчете мероприятий по замене ламп наружного освещения на более энергоэффективные принять равным 1.

$$\mathcal{E}_n = (0,1 - 0,075) \cdot 129 \cdot 365 \cdot 12 \cdot 1 = 14125,5 \text{ кВт} \cdot \text{ч/год}$$

Определим расчетную стоимость эксплуатации ламп ДНаТ, а также светодиодных светильников.

Стоимость лампы ДРЛ-100 - 420 руб., ДнаТ-100 – 465 руб.

Среднее число замен ламп ДНаТ и ДРЛ в год – 6.

Среднее число замен светодиодных светильников – 2.

Лампы подлежат утилизации. Стоимость утилизации одной ртутной лампы – 18 руб.

Расход на замену ламп ДРЛ:

$$6 \cdot 420 = 2520 \text{ руб.}$$

Расход на замену ламп ДНаТ:

$$6 \cdot 465 = 2790 \text{ руб}$$

Расход на замену светодиодных светильников:

$$2 \cdot 8600 = 17200 \text{ руб}$$

Итого расход на замену и утилизацию ламп:

$$2520 + 2790 + 216 = 5526 \text{ руб}$$

Годовая экономия электроэнергии в денежном эквиваленте:

$$\Theta_{\text{ден}} = \Theta_{\text{н}} - T_3$$

где T_3 – тариф на электроэнергию

$$\Theta_{\text{ден}} = 14125.5 \cdot 4,85 = 68508,675 \text{ руб}$$

Итоговая экономия замены ламп в денежном эквиваленте составит:

$$\Theta_{\text{ден}} = 68508.675 + 5526 = 74034,675 \text{ руб}$$

Капитальные затраты на приобретение светодиодных светильников, а также на замену ламп:

$$K_3 = 12200 \cdot 113 = 1573800 \text{ руб}$$

12200 – цена одного светильника FREGAT LED;

113 – количество заменяемых светильников.

Простой срок окупаемости (количество периодов) определяется по формуле:

$$PP = \frac{I_{\text{nv}}}{E_t}$$

где I_{nv} - инвестиции (капитальные затраты) в проект;

E_t - экономия в период времени (на этапе t).

Таким образом, простой срок окупаемости замены светильников СКР и ЖКУ на светодиодные светильники:

$$PP = 1573800 / 74034,675 = 2,1 \text{ год}$$

5.5.3.2 Расчет окупаемости замены светильников с заменой опор уличного освещения

К предыдущему расчету добавится стоимость опор уличного освещения. Общая длина установки уличного освещения по ул. Усова, ул. Вершинина, ул. Студенческая составляет приблизительно 3870 м. Шаг установки опор примем равным 30 м. Необходимое число опор составляет 129 шт.

Капитальные затраты на приобретение светодиодных светильников:

$$K_3 = 12200 \cdot 129 = 1573800 \text{ руб}$$

Капитальные затраты на приобретение уличных опор составляет:

$$K_3 = 7000 \cdot 129 = 903000 \text{ руб}$$

Общие капитальные затраты составят:

$$K_3 = 1573800 + 903000 = 2476800 \text{ руб}$$

Простой срок окупаемости замены светильников СКР и ЖКУ на светодиодные светильники с заменой опор уличного освещения:

$$PP = 2476800 / 74034,675 = 3,35 \text{ (3,4 года)}$$

5.6 Оценка эффективности исследования

Эффективность нескольких инвестиционных проектов будет оценена методом определения чистой текущей стоимости и ЧДД - чистого приведенного дохода, на который может увеличиться стоимость мероприятий в результате реализации проекта.

Расчет эффективности основан на данных денежного потока и процедуре дисконтирования денежных потоков, приведенных их к настоящему моменту времени.

Денежный поток рассчитывается отдельно по каждому виду деятельности, по всем видам деятельности на каждом шаге расчета и по всем видам деятельности накопительным итогом. По операционной (текущей) и инвестиционной деятельности принимается во внимание суммарный денежный поток, а по финансовой деятельности, чтобы избежать влияния принципа двойной записи, учитываем только банковский кредит и субсидии на оплату процентов.

В операционной деятельности учитываются текущие денежные потоки: притоки (выручка от реализации продукции, субсидии по

банковскому проценту), оттоки (расходы на производство, налоги, проценты по банковскому кредиту).

Прибыль считается только из возможной экономии. Не учитывая возможное изменение цен на оборудование, изменение курса валют или изменение тарифа.

По инвестиционной деятельности присутствуют только оттоки на капитальные вложения, в которых уже учтены затраты на пусконаладочные работы. Вложение первоначальных оборотных активов не выделено отдельной строкой, так как эти средства уже учтены в себестоимости, а, следовательно, в затратах. Реализация имущества по окончании проекта не предполагается.

Цель дисконтирования – привести денежный поток, неравномерно разбросанный по горизонтали планирования, к настоящему моменту, свернуть протяженную линию и оценить эффективность проекта с учетом временного фактора. Ставка дисконтирования определяется спецификой проекта.

Коэффициент дисконтирования, он же фактор или множитель текущей стоимости, рассчитывается на каждом шаге расчета (для каждого года):

$$K_d = \frac{1}{(1 + E)^t}$$

где E - ставка дисконтирования за период; t - порядковый номер периода с начала реализации проекта.

Дисконтированный денежный поток представляет собой произведение чистого денежного потока на коэффициент дисконтирования.

Дисконтирование денежного потока оформляется в виде таблицы таким образом, чтобы обеспечить максимальную наглядность и удобство расчетов.

Итоговое значение чистого дисконтированного денежного потока – это показатель ЧДД, или то количество денег, которое планируется получить по достижении горизонта планирования с учетом временного фактора.

5.6.1 Расчет эффективности замены ДРЛ и ДНаТ на LED

Таблица 5.20 – Эффективность замены ДРЛ и ДНаТ на LED

Наименование	1 -й год	2-ой год	3-й год	4-й год	ИТОГО
Количество светильников	129	129	129	129	
Тариф электроэнергии, руб/кВтч	4,85	5,33	5,86	6,44	
Затраты на электроэнергию тыс. руб.	361081,01	396816,87	436275,21	479240,32	1673413,42
ЗАМЕНА					
Количество светильников	129	129	129	129	
Светодиодные	129	129	129	129	
Тариф электроэнергии, руб/кВтч	4,85	5,33	5,86	6,44	
Светодиодные	97761,6	97761,6	97761,6	97761,6	391046,4
Затраты на электроэнергию тыс. руб.	214089,61	235277,82	258673,17	284275,64	992316,24
Затраты на закупки тыс.руб.	1573800				
Затраты на электроэнергию и закупку ламп тыс.руб.	1787889,61	235277,82	258673,17	284275,64	2566116,24
Чистый эффект от замены ламп	-1426808,6	161539,05	177602,04	194964,68	-892702,83
Коэффициент дисконтирования	0,15	0,15	0,15	0,656	
Чистый дисконтированный доход	-214021,29	24230,85	26640,31	29244,7	-133905,42
Денежный поток нарастающим итогом тыс.руб.	-214021,29	-189790,44	-163150,13	-133905,43	

Таблица 5.21– Оценка эффективности замены ламп на светодиодные

№	Наименование	1 -й год	2-ой год	3-й год	4-й год	ИТОГО
1	Потребление электроэнергии, кВтч	214089,61	235277,82	258673,17	284275,64	992316,24
2	Тариф электроэнергии, руб/кВтч	4,85	5,33	5,86	6,44	
3	Затраты на закупки тыс.руб.	1573800				
4	Затраты на электроэнергию и закупку ламп	1787889,61	235277,82	258673,17	284275,64	2566116,24
5	Чистый дисконтированный доход (ЧДД)	-214021,29	24230,85	26640,31	29244,7	-133905,42
6	Коэффициент дисконтирования	0,15	0,15	0,15	0,15	
7	Чистый приведенный доход (ЧПД)	-1426808,6	161539,05	177602,04	194964,68	-892702,83
7	Денежный поток нарастающим итогом тыс.руб.	-214021,29	-189790,44	-163150,13	-133905,43	
9	Срок окупаемости	2,1 год				

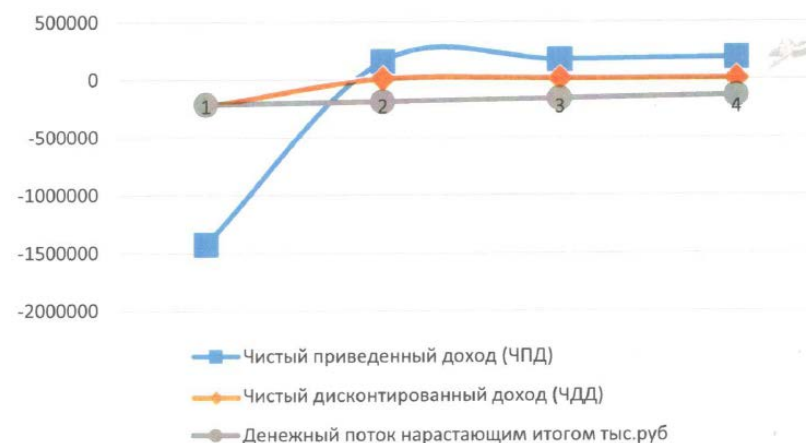


Рисунок 5.3 – Оценка эффективности замены ламп на светодиодные